

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

**Departamento de Prótesis Bucofacial**



**EVALUACIÓN DE LA SENSIBILIDAD Y LA  
CONCORDANCIA DE LA FOTOGRAFÍA  
INTRAORAL EN LA DETERMINACIÓN DEL  
COLOR DENTAL**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**Autor: Sergio Giner Garrido**

**Tutor: Pablo Gómez Cogolludo**

**Madrid, Septiembre 2015**



*Agradecimientos:*

A mi tutor, el Dr. Pablo Gómez Cogolludo por su ayuda, disposición, confianza, esfuerzo y participación en este trabajo.

Al Dr. Guillermo Radies Ramiro por su colaboración y ayuda.

A los laboratorios PROTESIS S.A, LAB DENTAL CREATIVE, AGUILON DENTAL, LABORATORIO DENTAL DALMAU y CENTRAL LAB por participar en este estudio y estar siempre disponibles.

A mi familia y a Helena por su cariño y apoyo.

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 CONCEPTO.....	8
1.2 DIMENSIONES DEL COLOR .....	9
1.2.1 MATIZ .....	9
1.2.2 SATURACIÓN.....	10
1.2.3 VALOR.....	11
1.3 FENÓMENOS ÓPTICOS .....	12
1.3.1 TRANSLUCIDEZ .....	13
1.3.2 OPALESCENCIA .....	14
1.3.3 FLOURESCENCIA .....	14
1.3.4 METAMERISMO.....	15
1.4 SISTEMAS DE ORGANIZACIÓN DEL COLOR.....	15
1.4.1 SÓLIDO DE MUNSELL.....	15
1.5 SISTEMAS NUMERICOS DE ORGANIZACIÓN DEL COLOR.....	16
1.5.1 CIElab.....	16
1.5.2 ESPACIO CROMÁTICO DENTAL.....	19
1.6 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL COLOR.....	19
1.6.1 MÉTODOS SUBJETIVOS.....	19
1.6.1.1 GUÍA VITA CLASSICAL.....	20
1.6.1.2 GUÍA 3D MASTER.....	21
1.6.1.3 GUÍA CHROMASCOP.....	22
1.6.1.4 PROBLEMAS DE PERCEPCIÓN VISUAL INTRAOBSERVADOR.....	23
1.6.2 MÉTODOS OBJETIVOS.....	24



1.6.2.1 ESPECTROFOTÓMETRO.....	24
1.6.2.2 COLORÍMETRO.....	25
1.7 FOTOGRAFÍA DIGITAL EN LA TOMA DE COLOR.....	26
1.8 TIPOS DE CÁMARA .....	27
1.8.1 COMPACTAS.....	27
1.8.2 BRIDGE .....	27
1.8.3 DSLR .....	27
1.9 PRINCIPIOS DE FOTOGRAFÍA DIGITAL: CAPTACIÓN DE IMAGEN, PROCESADO Y DISPLAY.....	29
1.10 MACRO-OBJEIVO.....	31
1.11 ILUMINACIÓN .....	32
1.11.1 FLASH ANULAR.....	32
1.11.2 FLASH BILATERAL.....	33
1.11.3 POINT FLASH.....	34
1.11.4 OTROS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y TOMA FOTOGRÁFICA EN ODONTOLOGÍA SMILE LITE® (STYLO ITALIANO®).....	34
1.12 SET UP DE LA CÁMARA.....	36
1.12.1 CONTROL DE LA EXPOSICIÓN.....	36
1.12.2 PRECISIÓN DEL COLOR. BALANCE DE BLANCOS .....	38
1.13 FILTRO DE LUZ. FILTRO POLARIZADOR.....	40
1.13.1 POLAR EYES® (BIOEMULATION®).....	42
1.13.2 SMILE LITE® FILTRO POLARIZADOR (STYLO ITALIANO®).....	43
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	44

<i>3. MATERIAL Y MÉTODOS.....</i>	<i>46</i>
<i>3.1 SELECCIÓN DE DIENTE DE REFERENCIA. DIENTE 21.....</i>	<i>47</i>
<i>3.2 TOMA FOTOGRÁFICA.....</i>	<i>50</i>
<i>3.3 PARTICIPANTES. TOMA DE COLOR.....</i>	<i>54</i>
<i>3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</i>	<i>56</i>
 <i>4. RESULTADOS.....</i>	 <i>57</i>
 <i>5. DISCUSIÓN.....</i>	 <i>74</i>
 <i>6. CONCLUSIÓN.....</i>	 <i>80</i>
 <i>7. BIBLIOGRAFÍA.....</i>	 <i>82</i>

## **1. INTRODUCCIÓN**

## 1.1 CONCEPTO

Para entender el color, hay que conocer el espectro electromagnético. Las ondas electromagnéticas pueden tener muchas longitudes de onda y frecuencias diferentes en un intervalo conocido como el espectro electromagnético. La luz visible es una estrecha gama de ondas electromagnéticas que el ojo puede detectar, longitudes de onda fuera de esta franja serán imperceptibles para el ojo humano. Dentro del espectro de luz visible, existen diferentes longitudes de onda que producen diferentes percepciones de color. De esta forma, las longitudes de onda más largas producen la percepción de rojo, mientras que las más cortas producen la percepción de violeta.<sup>(1, 2)</sup>

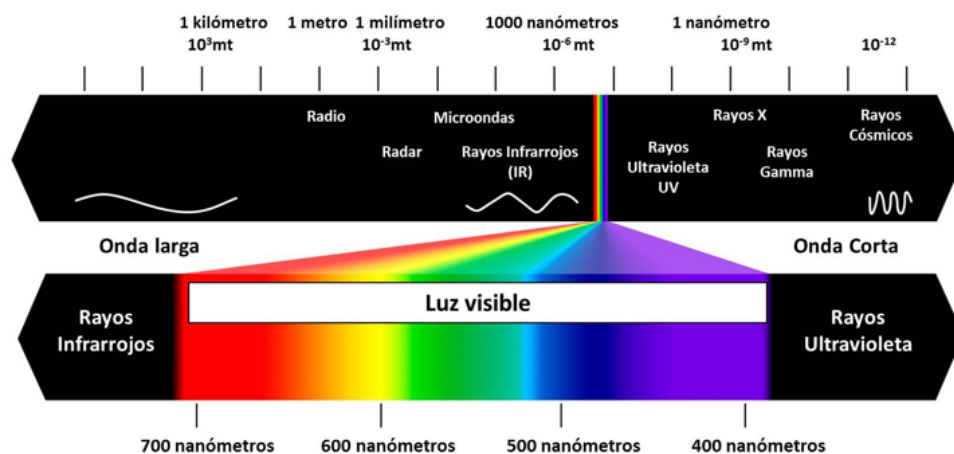


Figura 1. Espectro electromagnético. Espectro de luz visible.

Los seres humanos han estado muy interesados en color durante siglos. Sin embargo, el origen de los estudios científicos sobre color nace de la mano de Isaac Newton cuando realizó su experimento clásico con un prisma. Newton colocó unos primas en una habitación oscura, dejó penetrar un haz de luz a través de un agujero en la pared y cuando el rayo, pasó a través del prisma se generó el espectro de color. Este experimento sugiere inmediatamente la idea de que la luz blanca está formada por la superposición de todos los colores. Para probar esta idea, Newton utilizó otro prisma para recombinar todos los colores del espectro en un haz de luz blanca.<sup>(2)</sup>

## **1.2 DIMNSIONES DEL COLOR**

El color es una característica multidimensional cuyo principal problema es su comunicación, ya que transmitir información acerca del color de forma verbal es prácticamente imposible. Es por esto que se diseñaron diferentes modelos tridimensionales. Fue a principios del siglo XX cuando el norteamericano Albert Munsell estableció un sistema ordenado que identificaba de forma precisa cada color. Para ordenar cada color Munsell observó que se precisaba un modelo tridimensional para poder mostrar la disposición de los colores a lo largo de tres dimensiones y poder localizarlo espacialmente. De esta forma nació el sólido de Munsell que organiza los colores en las tres dimensiones: matiz, croma y valor.<sup>(3, 4)</sup>

**1.2.1 MATIZ, TONO O HUE:** Es la dimensión del color más fácil de entender, corresponde a la sensación por la cual observamos la longitud de onda de la luz reflejada por un cuerpo, y que normalmente llamamos color. Matiz es la calidad que distingue una familia de color de otra. En otras palabras, es el nombre del color. Por ejemplo: rojo, naranja, verde y morado. Los tres colores primarios (rojo, azul y verde) representan los tres matices primarios, y mezclando estos, se pueden obtener los demás matices o colores<sup>(5)</sup>.

En nuestra práctica clínica y en las escalas de color más comunes como por ejemplo la guía Vita Classical encontramos cuatro matices: A (marrón-naranja), B(amarillo), C (amarillo-gris), D (marrón) . La guía Chromascop por ejemplo, está dividida en 5 matices descritos en valores numéricos, 100(blanco), 200 (amarillo), 300(naranja), 400(gris), 500(marrón). Por ser la dimensión más fácil de entender, todos tendemos a elegir el color basándonos en su matiz básico<sup>(1, 6)</sup>.

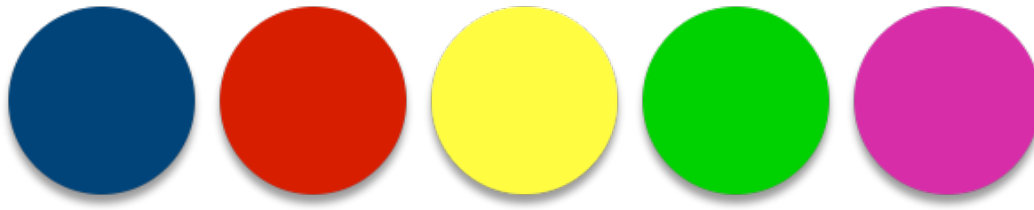


Figura 2. El matiz es la característica que distingue una familia de color de otra.



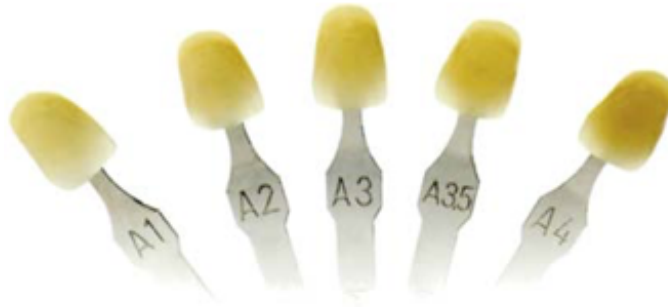
Figura 3. Clasificación según el matiz en la guía Vita Classical.

**1.2.2 CROMA O SATURACIÓN:** Es la dimensión del color que representa la cantidad de pigmento en una escala de matiz <sup>(6)</sup>. En nuestra práctica clínica por ejemplo, los matices se subdividen en diferentes grados de saturación que vienen codificados con números. El matiz A se subdivide en cuatro niveles de croma, siendo el A1 el que presenta menor grado de saturación y el A4 el mas saturado <sup>(5)</sup>.

Esta dimensión limita muy bien el tinte y se confunde frecuentemente con el valor. Viene dictada por la dentina y está influenciada por la translucidez y espesor del esmalte, en los dientes, las intensidades más elevadas están en la región cervical, mientras que las más bajas están en la región incisal. Para cuerpos translucidos, como el esmalte, hay que entender que la intensidad del croma esta directamente relacionada con el espesor. Por ello, cuerpos translucidos más espesos tendrán un croma más intenso. Esto explica que un diente tenga saturaciones altas en el tercio gingival y saturaciones mas bajas en el borde incisal <sup>(1, 6)</sup>.



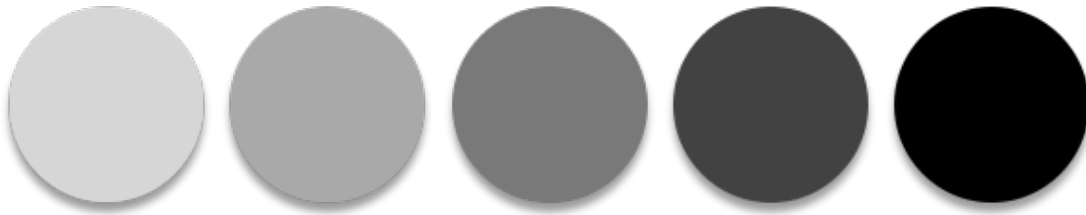
**Figura 4.** El croma determina la cantidad de pigmento de un determinado color.



**Figura 5.** Clasificación según croma en la guía Vita Classical.

**1.2.3 VALOR, LUMINOSIDAD O BRILLO:** Quizás sea una de las dimensiones más difíciles de entender, y a su vez, de gran importancia clínica. Por ser una propiedad acromática (independiente del matiz) puede definirse como el factor que distingue colores claros de los oscuros en cuanto a la capacidad de reflejar y absorber la luz. Por ejemplo, en una foto en blanco y negro, se podría decir que los tonos blancos y grises tienen mas valor que los tonos negros<sup>(6)</sup>. Aunque no lo parezca es la dimensión mas critica ya que el ojo humano está mucho más desarrollado para percibir el valor que el matiz o croma. Dentro de la retina hay alrededor de 100 millones de bastones que son los responsable de la percepción de la cantidad de luz y unos 7 millones de conos que son los responsables de la percepción del matiz y del croma. Por ello si en una restauración el valor es adecuado, el ojo humano será incapaz de percibir pequeñas dispersiones de matiz y croma.

En nuestra práctica clínica es difícil encontrar escalas con esta dimensión, limitando la elección del color al matiz y al croma. Un ejemplo de guía de color basada en el valor seria la guía Vita 3D Master.



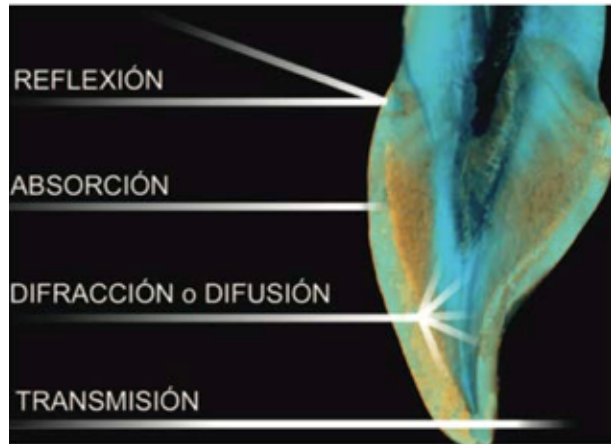
**Figura 6.** El valor es la dispersión que va desde al blanco hasta el negro. Es la propiedad que distingue colores claros de oscuros.

### 1.3 FENÓMENOS ÓPTICOS

Más allá de las tres dimensiones propuestas por Munsell existen muchas variables que afectan a la percepción del color, la composición de los dientes y su forma de interactuar con la luz hacen que características como la translucidez, opalescencia, fluorescencia y metamerismo supongan un verdadero reto en la toma de color. Lamentablemente, la mayoría de las técnicas de evaluación visual tradicional anacrónicas, que solo utilizan el modelo de Munsell y que dominan el mercado dental, suelen resultar insuficientes e inadecuadas<sup>(7)</sup>.

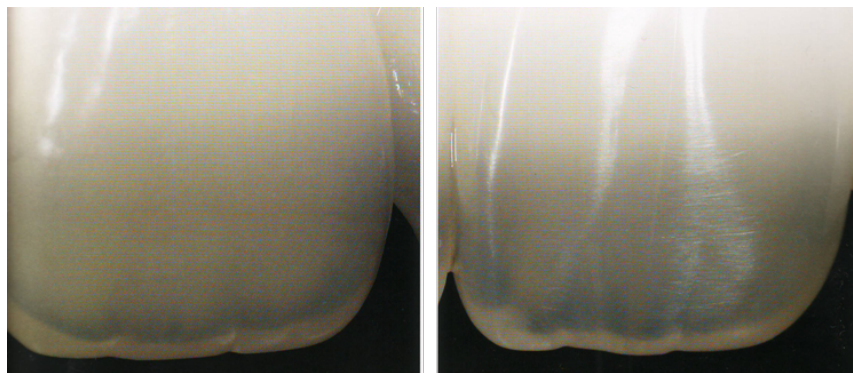
Cuando un haz de luz incide en un diente, el haz de luz puede interactuar de diferente modo<sup>(5, 7, 8)</sup>: puede ser reflejado de manera especular o difusa en la superficie, ser dispersado dentro del diente y a continuación reflejado por una capa subyacente, en este caso de dentina, transmitido de forma difusa a través del diente en dependencia de sus propiedades de translucidez y opacidad, absorbido en su interior transformando la energía lumínica en otro tipo de energía, o re-irradiado con un estado de energía menor como por ejemplo, fluorescencia. La micro anatomía de los tejidos duros de los dientes, los prismas del esmalte y los túbulos dentinarios, poseen partículas dispersoras (scatterers) que interactúan con la luz en cualquiera de las formas antes mencionadas creando diferentes fenómenos ópticos.





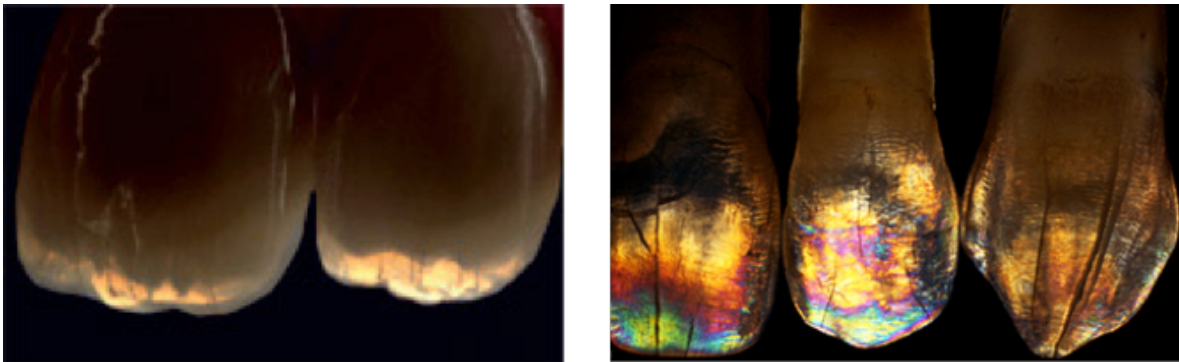
**Figura 7.** Interacción de la luz con las estructura dentaria.

**1.3.1 TRANSLUCIDEZ:** Para muchos la que sería la cuarta dimensión del color, y que muchas veces se puede confundir con la saturación. Es el grado con el que la luz es capaz de transmitirse en vez de absorberse o reflejarse<sup>(7)</sup>. Un objeto con el mínimo grado de translucidez, sería un objeto opaco, incapaz de transmitir luz, ya que esta sería absorbida o reflejada por completo, por el contrario, un objeto con el máximo grado de translucidez sería transparente capaz de transmitir toda la luz que incide sobre él<sup>(1, 6)</sup>. El esmalte posee esta propiedad de translucidez, especialmente notable en los bordes incisales donde no existe dentina subyacente. Cabe destacar que cuanto mas translucido sea un cuerpo mayor influencia tendrá el color del fondo sobre este. Teniendo en cuenta que el fondo de la boca tiene un color oscuro, cuanto mas translucidos sean los bordes incisales, aparecerán mas grises o con menos valor o luminosidad<sup>(6)</sup>.



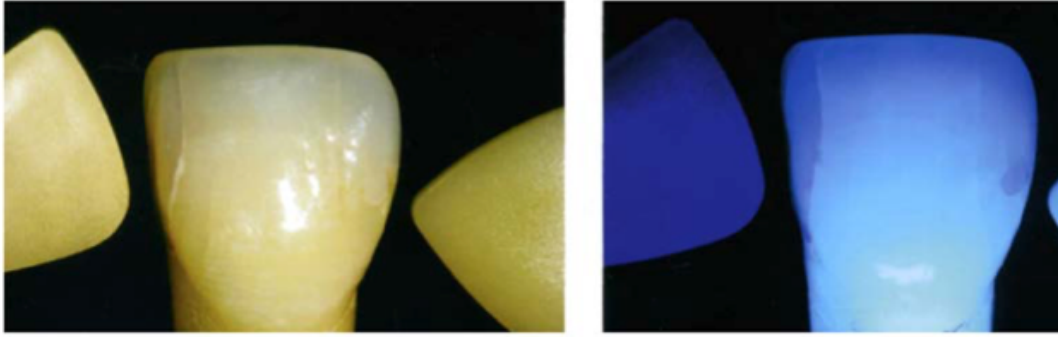
**Figura 8.** La translucidez se puede apreciar perfectamente en los bordes incisales.

**1.3.2 OPALESCENCIA:** Es sin duda una de las características mas intrigantes del diente natural. La opalescencia es la habilidad que posee un cuerpo translucido de parecer azul con luz reflejada y naranja-rojizo con luz transmitida. El efecto de la opalescencia se basa en el comportamiento de la translucidez del esmalte y su forma de interactuar con la luz<sup>(9)</sup>. Bajo iluminación directa las longitudes de onda mas cortas del espectro visible ,es decir, las azules, son reflejadas por el esmalte del diente natural, dando un color azulado en el halo incisal. Sin embargo bajo luz transmitida, son las longitudes de onda largas, es decir, naranja-rojo, las que pasan a través del esmalte siendo absorbidas las longitudes de onda corta. Por esta razón los dientes se observan anaranjados bajo luz transmitida o transiluminación<sup>(5, 6)</sup>.



**Figura 9.** Observe el comportamiento opalescente del diente bajo luz transmitida.

**1.3.3 FLUORESCENCIA:** Por su naturaleza, los dientes, mas específicamente la dentina, tiene esta propiedad<sup>(5)</sup>. La fluorescencia, así como la fosforescencia está muy relacionada con la luminiscencia. La fluorescencia es la capacidad de un cuerpo de emitir luz visible cuando es expuesto a rayos excitantes de alta energía como la luz ultravioleta. Como característica de la fluorescencia, el fenómeno de luminiscencia empieza y acaba instantáneamente junto con la excitación<sup>(7)</sup>. No debemos confundirlo con la fosforescencia, donde la foto irradiación, es decir la luminiscencia, persiste durante un lapso de tiempo después de la excitación.



**Figura 10.** Observe la florescencia del diente natural bajo luz de wood.

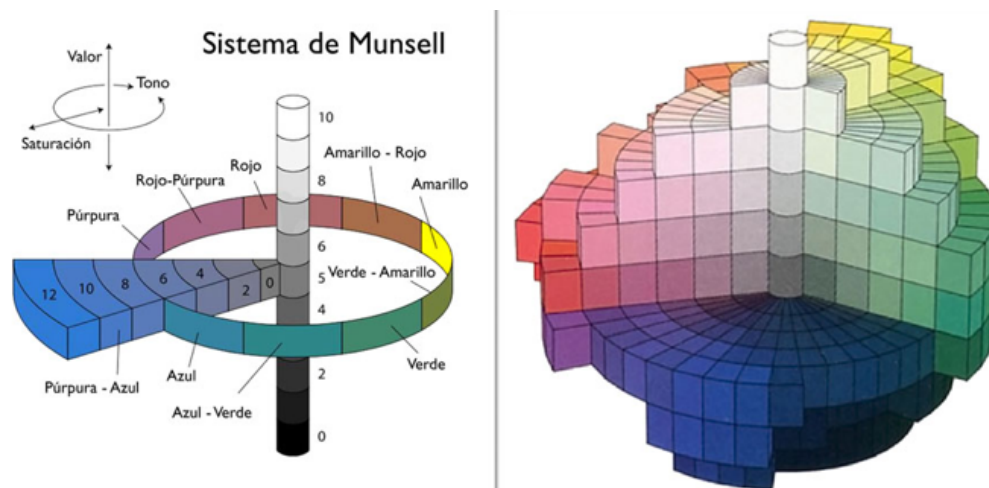
**1.3.4 METAMERISMO:** Podemos definir metamerismo como la capacidad de que dos objetos parezcan del mismo color iluminados bajo una fuente de luz, y de distinto color bajo otra fuente de iluminación diferente<sup>(10)</sup>. Esto sucede muchas veces en odontología restauradora cuando se seleccionan colores bajo una fuente de iluminación determinada. Lo aparentemente correcto se transforma en incorrecto cuando cambia la fuente de luz. El color de la luz emitida por diferentes tipos de fuentes con la misma temperatura color suele ser metaméricos pero es distinguible por observación del índice de rendimiento de color. Los pares metaméricos comparten la misma localización en el diagrama de cromaticidad de la CIE. Por lo tanto, para llevar a cabo una buena elección del color, es necesario observar los objetos bajo mínimo dos sistemas de iluminación diferentes y evitar interpretar colores con bajos niveles de iluminación<sup>(6)</sup>.

## **1.4 SISTEMAS DE ORGANIZACIÓN DE COLOR**

### **1.4.1 EL SÓLIDO DE MUNSELL<sup>(2, 4)</sup>**

Albert Munsell comienza describiendo la organización del color a partir de una esfera, pero luego pasa a un sólido de manera irregular. En su sistema las variables de análisis de cada color son sus tres dimensiones; matiz, croma y valor. La secuencia de matiz se organiza de manera circular, con cinco matices principales y equidistantes entre si: rojo, amarillo, verde, azul y púrpura. Entre estos se ubican otros cinco matices intermedios fruto de la combinación de dos matices principales adyacentes. En el eje

vertical y ocupando el centro de la esfera se organiza el valor, para esto se asigna una secuencia de grises entre blanco y negro, llamada escala de neutros, donde el negro se sitúa en la base y el blanco en la parte superior. La tercera dimensión, el croma, se refiere al aspecto que varia entre un color intenso de máxima pureza y un tono grisáceo o apagado, suponiendo que pertenezcan al mismo tinte y posean un valor idéntico. Esta tercera variable, que se organiza en el eje horizontal de la esfera viene a completar la definición precisa de un determinado color. Dicho de otra manera, el valor varia en sentido vertical y el croma en sentido horizontal dentro de los diferentes tintes que se organizan en forma circular.



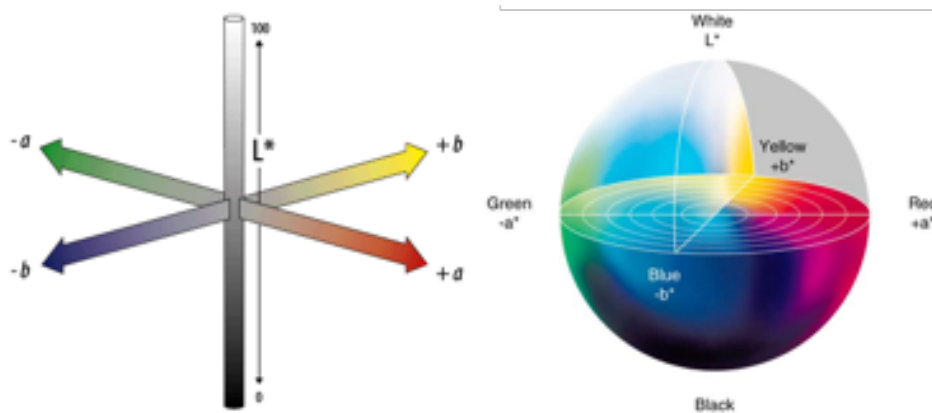
**Figura 11.** Conformación tridimensional del sólido de Munsell

## 1.5 SISTEMAS DE ORGANIZACIÓN NUMÉRICA DE COLOR

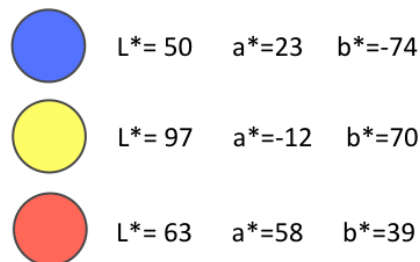
### 1.5.1 SISTEMA CIElab

Siguiendo el planteamiento de Munsell donde el espacio cromático se construye en torno a tres ejes, siendo como expresión volumétrica una esfera, la Commission Internationale de l'Eclairage, desarrolla en 1976 el sistema de orden de color CIElab<sup>(8, 11)</sup>. Similar al sólido de Munsell<sup>(10)</sup> el valor o la luminosidad se organiza en el eje vertical, un eje  $L^*$ , variando de 0 a 100 de un negro perfecto a un blanco perfecto. Los ejes  $a^*$  y  $b^*$  representan los matices. El eje positivo  $a^*$  representa la cantidad de rojo púrpura,

mientras que el eje negativo  $a^*$  representa la cantidad de verde. El eje positivo  $b^*$  representa la cantidad de amarillo y el eje negativo  $b^*$  representa la cantidad de azul<sup>(12, 13)</sup>. Con estos tres parámetros  $L^*$   $a^*$   $b^*$  podemos definir cualquier color dentro la esfera con las coordenadas que ocupa en cada eje.



**Figura 12.** Conformación tridimensional del sistema CIElab.



**Figura 13.** Representación de los colores según las coordenadas  $L^*a^*b^*$ .

Este modelo, es el modelo de color más completo. Se usa habitualmente para describir todos los colores que puede ver el ojo humano. Los sistemas matemáticos de color nos permiten medir la diferencia de color existente entre dos colores de manera objetiva. Esta diferencia se expresa mediante el valor delta-E ( $\Delta E$ ). La ecuación de diferencia de color CIElab es la distancia en el diagrama o modelo CIElab entre dos colores, y se expresa en la siguiente ecuación<sup>(8, 10, 11, 13)</sup>:

$$\Delta E^* = (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2^{1/2}$$

Interpretando esta ecuación, un valor positivo de  $\Delta L^*$  significa que el segundo color es más luminoso que el primero, y un valor negativo significa que es más oscuro que el primero. Un valor positivo de  $\Delta a^*$  significa que la muestra es demasiado roja, y la muestra es demasiado verde si  $\Delta a^*$  es negativo. Un valor positivo de  $\Delta b^*$  significa que la muestra es demasiado amarillo, o demasiado azul si  $\Delta b^*$  es negativo<sup>(10)</sup>.

En cuanto a las diferencias cromáticas, la norma ISO 12647-2 aborda los umbrales de tolerancia para  $\Delta E$  y podemos decir que  $\Delta E$  superiores a 2 supone que la diferencia de color sea cada vez más apreciable. De tal forma que un  $\Delta E$  menor de 2 es inapreciable para el ojo humano<sup>(13)</sup>, entre 2 y 3 resulta evidente pero gusta, es apreciable y un  $\Delta E$  entre 3 y 4 supone una diferencia de color evidente pero no perjudica al trabajo. Un  $\Delta E$  entre 4 y 5 está al límite de la aceptación y un  $\Delta E$  superior a 5 resulta inaceptable.

DELTA E ( $\Delta E$ )	CALIDAD
$\Delta E < 1$	Excelente
$\Delta E$ entre 1 y 2	Buena
$\Delta E$ entre 2 y 4	Normal
$\Delta E$ entre 4 y 5	Suficiente
$\Delta E > 5$	Mala. Fuera de Rango de aceptación de la ISO 12.647-2.

**Figura 14.** Calidad de los DeltaE.

El tipo de color también influye en la capacidad de apreciación, por ejemplo, el ojo humano es mucho más sensible a los cambios en los niveles de gris y tonos medios siendo más que evidente un  $\Delta E=3$ , mientras que el mismo valor en verde prácticamente no notaríamos diferencia. Es decir para el ojo humano es mas fácil percibir cambios en la luminosidad ( $\Delta L^*$ ) que en el matiz ( $\Delta a^*$  y  $\Delta b^*$ ). Esto es debido a la cantidad de conos y bastones presentes en el ojo como ya hemos comentado.

### 1.5.2 ESPACIO CROMÁTICO DENTAL

El espacio cromático dental ocupa una zona de la esfera que conforma el sistema  $L^*a^*b^*$ . Esta zona tiene forma alargada similar a una banana. La banana representa aquella zona del espacio cromático en la que se encuentran los colores dentales naturales. La forma del plátano simboliza las relaciones naturales: los diversos colores dentales se distinguen mayormente por su luminosidad, por lo que el espacio cromático dental se extiende verticalmente en relación con el eje de luminosidad, estirándose de forma similar a un plátano<sup>(14)</sup>. Más arriba se encuentran los dientes más claros; más abajo, los dientes más oscuros. Los colores dentales más intensos se hallan en la curvatura externa del plátano, más alejada del eje central L incoloro; los dientes con un matiz rojizo se orientan hacia el eje a; los dientes con un matiz amarillento, hacia el eje b.

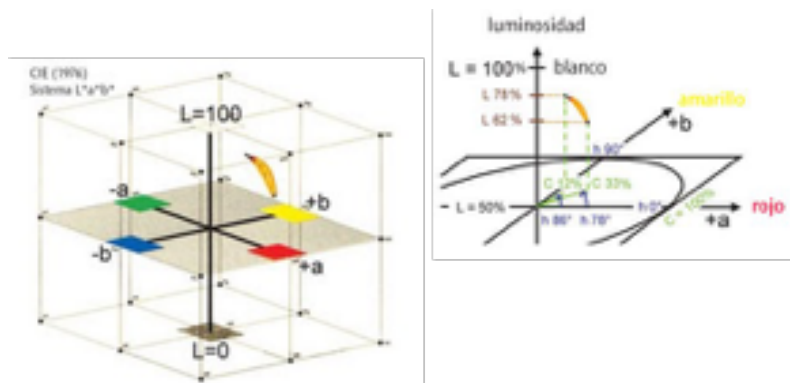


Figura 15. Ubicación del espacio cromático dental.

## 1.6 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DEL COLOR

### 1.6.1 MÉTODOS SUBJETIVOS

Desde siempre los odontólogos han tomado como referencia las guías de color para una toma de color “precisa”. Las guías de color son un conjunto de tablillas estándar que se usan de manera rutinaria en odontología comparándolas de manera visual con el diente de referencia para determinar el color y otras características ópticas. Sin embargo, este método está muy simplificado y está cargado de subjetividad ofreciendo una

fiabilidad reducida. No obstante las guías de color son una herramienta útil aunque no siempre precisa. Además hay que tener en cuenta que al tratarse de una herramienta subjetiva el valor de este método depende de el entrenamiento y experiencia del clínico, la calidad de la guía de color y las condiciones en las que se lleve a cabo la toma de color. En el mercado existen gran variedad de guías de color. Las mas destacadas son:

#### **1.6.1.1 GUÍA VITA CLASSICAL <sup>(15)</sup>**

En la familia de colores de la guía VITA Classical los colores se agrupan del modo siguiente:

Existe un primera agrupación alfabética de acuerdo al matiz<sup>(12)</sup>:

- A: (marrón- rojizo)
- B: (amarillo-rojizo)
- C: (gris)
- D: (gris-rojizo).

Al utilizarla, lo primero que se determina es a qué grupo pertenece al diente, es decir, al grupo A, B, C o D, por lo que primero que determinamos es el tono. Después de determinar el tono, el croma y el valor para cada matiz viene expresado en números. Por ejemplo para el tono A, tenemos el A1; A2; A3; A3,5; y A4 siendo A1 la menos saturada y A4 la mas saturada de color<sup>(1, 6)</sup>. La luminosidad disminuye con el número. Esta guía consta, de las siguientes tablillas: A1; A2; A3; A3,5; A4; B1; B2; B3; B4; C1; C2; C3; C4; D2; D3 y D4.

La guía VITA Classical ha sido el Gold standar en la toma de color en odontología desde su lanzamiento en 1956. Además la mayoría de materiales restauradores están codificados de la misma manera. Sin embargo, uno de los problemas de esta guía, es que sus tablillas, lógicamente, no cubren todo el espacio cromático dental, es decir, en ella no están representadas todos los posibles colores de los dientes naturales humanos pero además, sus variaciones de color no están sistemáticamente distribuidas en el espacio



cromático dental <sup>(3)</sup>.

La guía VITA Classical puede ser ordenada en función del color con la siguiente disposición de mas a menos valor: B1, A1, B2, D2, A2, C1, C2, D4, D3, A3, B3, A3.5, B4, C3, A4 y C4.



**Figura 16.** Guía Vita Classical y su distribución dentro del espacio cromático dental.

#### **1.6.1.2 GUÍA VITA 3D-MASTER<sup>(15)</sup>**

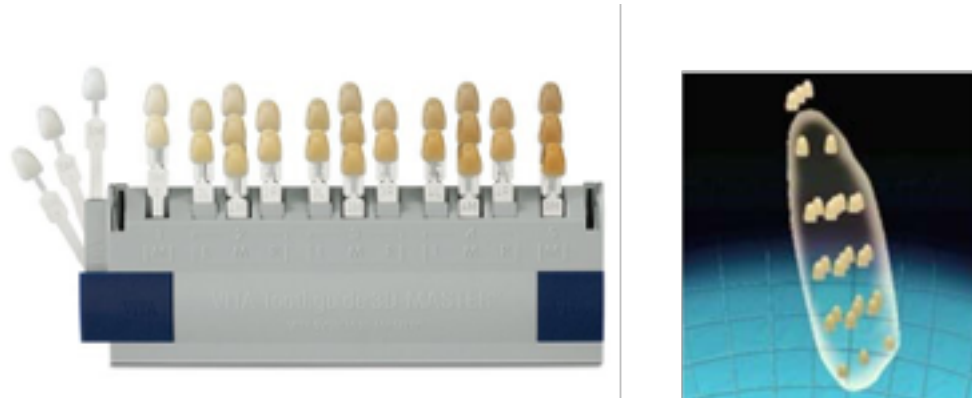
Existen tres tipos de guía 3D-Master: Toothguide, Linearguide y Bleachedguide. Las tablillas de la guía 3D-master están codificadas con una secuencia de numero-letra-número (ej.: 1M2), representado valor, matiz y croma respectivamente.

##### **Guía VITA Toothguide 3-D Master**

La Guía VITA Toothguide 3-D Master salió al mercado en 1998 con el objetivo de minimizar los problemas de la Classical. Esta guía contiene 26 tablillas que están divididas en 5 grupos de acuerdo con su luminosidad (sin contar los colores bleached). Dentro de cada grupo, las tablillas se ordenan según el croma creciente (vertical hacia abajo, 1; 1,5; 2; 2,5 y 3) y según el tono o matiz (horizontalmente amarillento L , medio M y rojizo R). Lo primero que se hace para seleccionar el color con este tipo de guía es definir el valor, después se determina el croma o saturación y por último determinaremos el matiz <sup>(12, 14)</sup>.

La principal ventaja de esta guía con respecto a la guía VITA Classical es su distribución sistemática y matemática de las tablillas en el espacio cromático que ocupan

los dientes naturales<sup>(3)</sup> con 4 unidades CIELab en la dimensión de luminosidad y dos unidades CIELab en las dimensiones de matiz y croma.



**Figura 17.** Guía 3D Master y su distribución dentro del espacio cromático dental.

#### **Guía VITA Linearguide 3-D Master**

La guía VITA Linearguide 3D-Master consta de las mismas tablillas que la guía VITA Toothguide 3-D Master pero su diseño es diferente y la toma de color se reduce a dos pasos.



**Figura 18.** Guía Vita 3D Master Linearguide.

#### **1.6.1.3 GUÍA CHROMASCOP (Ivoclar Vivadent)**

La guía Chromascop presenta 20 tablillas divididas en 5 grupos de matices, según la siguiente numeración 100(blanco), 200(amarillo), 300(marrón claro), 400(gris) y 500(marrón oscuro) <sup>(1, 6, 12)</sup>. Cada grupo posee 4 tablillas ordenadas de menor a mayor saturación, con el numero 10 correspondiendo al croma más bajo y el 40 al más elevado.

Se utiliza de forma similar a la Vita Classical, eligiendo primero el matiz y luego el nivel del croma.



**Figura 19.** Guía Chromascop

#### **1.6.1.4 PROBLEMAS DE PERCEPCIÓN VISUAL INTRA OBSERVADOR**

Cuando tomamos el color con métodos subjetivos, como son las guías de color, existen factores asociados al observador que pueden afectar en la elección. Uno de estos problemas es el daltonismo<sup>(1)</sup>. Personas con problemas para la percepción del color tienen dificultades para determinar tonos rojos, verdes y azules. Este tipo de patología, mas frecuente en hombres que en mujeres, se caracteriza por la ausencia de algunas células fotosensibles como son los conos, situados en el centro de la retina. La ausencia de estas células impide, principalmente, diferenciar entre matices y dificulta discriminar diferencias de saturación y valor, aunque esta ultima se ve menos afectada ya que las células responsables de percibir el valor son los bastones.

La edad es un factor determinante en la toma de color ya que la cornea adquiere un color amarillento reduciendo la capacidad de diferenciar entre blanco y amarillo y los diferentes grados de saturación. Este proceso comienza a los 30 años de edad y se hace evidente a partir de los 50 años.

La fatiga cromática también influye en la percepción visual, cuando los ojos están cansados es mas difícil determinar el matiz y el croma de forma precisa, observando un

color descolorido o borroso. Esto sucede cuando en un mismo día tenemos que tomar el color a varios pacientes. En estos casos, el odontólogo debe tomarse un respiro entre restauraciones para descansar la vista para evitar problemas de fatiga visual.

Otros factores quizás menos determinantes son; la nutrición, ya que se especula que el consumo de grasas saturadas puede provocar la degeneración progresiva de la mácula o que el consumo de antioxidantes como vitaminas C y E ayuda a conservar la salud ocular. También puede influir el estado emocional, ya que los diferentes estados emocionales pueden afectar al diámetro de la pupila, esto afecta directamente a la intensidad de la luz que llega a las células fotosensibles y al contraste del valor afectando directamente en la determinación del color. La ingesta de determinados medicamentos también puede tener efecto en la percepción del color ya que pueden actuar sobre el córtex o la retina variando de persona a persona.

### **1.6.2 MÉTODOS OBJETIVOS**

La selección visual del color mediante guías de color, se caracteriza por poseer gran variedad intra e ínterexaminador debido a la gran cantidad de factores subjetivos que afectan a la toma de color. Para solucionar este problema, existen los dispositivos electrónicos para la toma de color con mas precisión y exactitud ya que no influyen parámetros como iluminación, características del operador, etc.<sup>(16)</sup>

Los dispositivos mas comunes para la toma de color en odontología son los espectrofotómetros y colorímetros.

#### **1.6.2.1 ESPECTROFOTÓMETROS**

Estos dispositivos miden las longitudes de ondas de la luz reflejada por un objeto<sup>(3)</sup> en diferentes puntos a lo largo del espectro visible convirtiendo estas en información como valor, croma y matiz presentes en todo el espectro visible. Un espectrofotómetro contiene una fuente de radiación óptima, un medio de dispersión de luz, un sistema de medición óptico, un detector y una forma de convertir la luz obtenida a una señal que

pueda ser analizada. Del espectrofotómetro se obtiene una curva de reflectancia espectral o de transmisión que es una función de la longitud de onda. Los datos espectrales de la superficie de los dientes pueden ser incluidos y representados como una curva de luminosidad y pueden ser comparadas con las curvas de luminosidad de las guías de colores a fin de definir un color, por lo tanto, los espectrofotómetros dentales tienen una base de datos de las guías de colores incorporadas<sup>(17)</sup>.

Estos aparatos de lectura nos pueden dar el color general del diente o nos puede hacer una subdivisión en tercios y asignarle a cada parte un color. También son capaces de realizar un mapa cromático del diente gracias a un software. Los espectrofotómetros mas utilizados en odontología son el Spectroshade micro de MHT, el CrystalEye de Olympus y el Vita Easyshade, que realmente es un colorímetro capaz de realizar mediciones espectrales<sup>(17)</sup>.



**Figura 20.** Espectrofotómetros Vita Easyshde (izq.) y Spectroshade micro de MHT (der).

#### **1.6.2.2 COLORÍMETROS**

Otro de los aparatos que actualmente se utiliza para medir el color son los colorímetros. Se trata de un instrumento con filtros de los componentes verde, rojo y azul de la luz que utilizan 3 o 4 fotodiodos de silicio los cuales tienen una corrección espectral que simula las funciones estándar del ojo humano sobre la superficie a evaluar. Miden la luz del filtro en las zonas verdes, azules y rojas del espectro visible obteniendo un

tristímulo (RGB)<sup>(3, 8, 17)</sup>. Los colorímetros no registran la reflectancia espectral y pueden ser menos precisos que los espectrofotómetros, además el envejecimiento de los filtros puede afectar la precisión. Además la punta lectora es muy útil para superficies lisas y pulidas, pero no lo es tanto para las superficies convexas de los dientes, lo que pone en duda la fiabilidad del aparato. El más conocido es el X-Rite Shade visión.



**Figura 21.** Colorímetro X-Rite Shade Vision.

## **1.7 FOTOGRAFÍA DIGITAL EN LA TOMA DE COLOR**

Actualmente, en el campo de la odontología estamos viviendo una revolución digital en la que se tiende a digitalizar la mayoría de los procedimientos para beneficiarnos de sus ventajas. La fotografía no iba a ser menos y en estos últimos años hemos dejado atrás la fotografía analógica para dar paso a la fotografía digital. Lejos quedan ya las viejas películas de halogenuro de plata sobre una base de gelatina y la necesidad de un proceso de revelado en la sala oscura así como la utilización de las sustancias químicas necesarias. Ahora, con la digitalización, la captura de la imagen, el procesado y el display son instantáneos. Además, la posibilidad de editar y corregir las fotografías con software de edición de imagen, compartirlas por internet y almacenarlas en discos duros hacen que la fotografía digital se haya convertido en una herramienta indispensable y de grandísima utilidad en el gabinete odontológico

Existen numerosas aplicaciones de la fotografía digital en la odontología, algunas de ellas son: diagnóstico y planificación de tratamiento, así como seguimiento del mismo en las diferentes fases, documentación de carácter legal, odontología forense, presentaciones en ámbito profesional en congresos y comunicaciones, educación, motivación y comunicación con el paciente y por supuesto, comunicación con los diferentes miembros del equipo de trabajo<sup>(18-20)</sup>. En este trabajo prestaremos especial atención a esta última aplicación ya que la comunicación del color con el laboratorio se basa principalmente en la fotografía intraoral<sup>(21)</sup>.

### 1.8 TIPOS DE CÁMARAS

En la actualidad existen infinidad de cámaras digitales en el mercado, dentro de las cámaras digitales podemos distinguir básicamente los siguientes tipos, que se diferencian principalmente por su tamaño, el tamaño del sensor y por sus funcionalidades: las cámaras compactas, las cámaras intermedias o bridge y las digital single lens réflex (DSLR o Réflex)<sup>(22)</sup>.



**Figura 22.** De izquierda a derecha: Cámara compacta, bridge y DSLR.

Para obtener resultados predecibles, en odontología, las cámaras de elección son las DSLR ya que las ventajas que ofrece son infinitamente superiores a las cámaras compactas o bridge<sup>(21-23)</sup>. El tamaño del sensor es notablemente mayor, por tanto la nitidez y calidad de las fotos es claramente superior. Además, como principales ventajas, la cámara DSLR permite el intercambio de objetivos, dispone de un visor réflex que muestra con mucha

precisión el resultado definitivo de las fotos en cuanto enfoque y a encuadre eliminando el paralelaje<sup>(22)</sup>, cuenta con más funcionalidades que te permiten ser mucho más creativo y controlar con más exactitud el proceso de tomar una foto. Sin duda se trata de la cámara idónea y mas versátil para fotografía dental si queremos obtener los mejores resultados.

Los requisitos para que una cámara sea apropiada para su uso en la odontología son básicamente dos: que sea capaz de hacer retratos y que sea capaz de hacer macro fotografías nítidas y de calidad de planos muy cercanos<sup>(24)</sup>.

Especialmente en macro fotografía es importante tener en cuenta el paralelaje que es común en las cámaras compactas con visor directo. Esto es, cuando la imagen obtenida por el sensor es diferente al encuadre del visor. En macro fotografía como la lente se sitúa muy cerca del sujeto, las diferencias aumentan lo que significa que puede que haya partes de la imagen que nosotros vemos en el visor que el sensor no esta recogiendo<sup>(22, 24)</sup>. En las cámaras compactas que se usa la pantalla LCD para encuadrar se elimina el paralelaje ya que lo que aparece en la pantalla es exactamente lo que quedará recogido en la foto. Sin embargo este método no es el más fiable en cuanto a enfoque, ya que no tiene la nitidez suficiente para ver si los objetos están correctamente enfocados

Este fenómeno de paralelaje no existe con las cámaras réflex, ya que por un sistema de espejos, el visor y la lente comparten el mismo eje de modo que lo que ves es lo que tienes, “what you see is what you have”<sup>(24)</sup>.



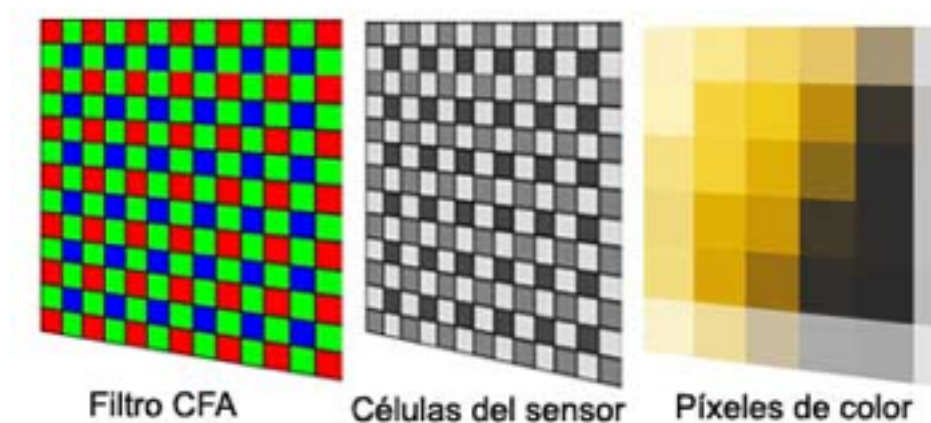
**Figura 23.** Efecto del paralelaje en una cámara compacta y en una DSLR, observe la distorsión en la cámara compacta.



## 1.9 CAPTACIÓN DE LA IMAGEN, PROCESADO Y DISPLAY

Se puede decir que lo que se observa por el visor queda recogido en el sensor de la cámara, actualmente en el mercado existen dos sensores de imagen; CCD y CMOS. Este sensor, está compuesto por millones de semiconductores fotosensibles de silicio capaces de captar los fotones de la luz. Estos semiconductores son los píxeles que varían de 5 a 12 micras<sup>(25, 26)</sup>.

Básicamente, el sensor de imagen es una colección de diodos de silicio fotosensibles (píxeles), que registran la intensidad de brillo y oscuridad de un objeto o dicho de otra forma, la luz que refleja. Realmente, son sólo capaces de producir una imagen en blanco y negro del objeto fotografiado. Para crear una imagen en color se requiere la utilización filtros apropiados correspondientes a los tres colores primarios aditivos rojos, verdes y azul. Este filtro situado en todo el sensor, consiste en un mosaico ordenado de rojo, verde y azul, cada filtro permite el paso de una longitud de onda de color determinada mientras bloquea los colores complementarios para así formar una imagen a color<sup>(23, 25)</sup>.



**Figura 24.** Filtro de color del sensor de captación.

Cuando el sensor capta la luz, se transmite una señal eléctrica análoga a la energía captada del fotón a través de un convertidor análogo digital (A/D converter) que la

traducirá en un código numérico binario que será procesado por microchips. Cuanto mejor sea la resolución del convertidor analógico-digital, mayor es el número de niveles de luminosidad que se pueden distinguir. Por ejemplo, un digitalizador con una resolución de 8 bits puede convertir las señales analógicas producidas por el sensor de foto en (28) valores digitales, lo que permite 256 niveles de luz para ser distinguido. Cuando aplicado con los filtros de color, un píxel con una profundidad de color de 8 bits (24bits si sumamos los tres colores) tiene 256 valores posibles para cada uno de sus tres componentes de color (es decir, rojo, verde, azul). La combinación de estos tres componentes en diferentes grados de intensidad ofrece 16,7 millones (es decir,  $256 \times 256 \times 256$ ) posibilidades de combinación de colores diferentes<sup>(23, 25, 26)</sup>. Gracias a esto podemos obtener imágenes instantáneas a color de alta calidad con una transición de color suave e imperceptible para el ojo humano.



**Figura 25.** Resolución de color.

Las cámaras usan un espacio de color que contienen una gama de colores que describe el rango de colores que un dispositivo puede producir. Las cámaras digitales usan normalmente uno de los dos espacios; Adobe RGB o sRGB, ambos basados en el modelo RGB.

Indudablemente la calidad del sensor o resolución, es decir el numero de pixeles y la profundidad de color de cada pixel es un elemento importante para obtener buenos resultados. Sin embargo la calidad de imagen no solo depende de este factor. Las DSLR que solemos usar a día de hoy en odontología tienen sensores de entre de 10 y 14 megapixeles con una profundidad de color de 24 bits (8 bit por color). Esto debería ser suficiente para obtener imágenes con buena resolución. Pero, ¿que una imagen tenga

buena resolución significa que tiene buena calidad de imagen?. Definitivamente no, la calidad de imagen va mucho mas haya que la resolución del sensor, que aunque evidentemente influye, no es lo mas importante. La calidad de imagen se va a ver afectada sobretodo por la calidad del objetivo y de forma menos dramática por el flash<sup>(24)</sup>.

### **1.10 MACRO-OBJETIVO**

En odontología es necesario emplear la macrofotografía, ya que los detalles que pretendemos captar son de pequeño tamaño. Para esto debemos equipar nuestra cámara con un objetivo macro. Mientras que muchos objetivos pueden magnificar los que queremos fotografiar, los objetivos macro son capaces de capturar una imagen ampliada enfocada a muy poca distancia. Los objetivos macro que se emplean en odontología suelen tener una distancia focal fija de 100mm a 105mm que combinan de forma ideal la capacidad de magnificación y la distancia de trabajo<sup>(19, 23, 24, 26)</sup>. La calidad del objetivo tiene una influencia significativa en la nitidez, claridad y calidad final de la imagen final



**Figura 26.** Objetivo macro Canon 100mm.

## **1.11 ILUMINACIÓN**

El flash es otro accesorio que es de vital importancia en la calidad de imagen. En fotografía dental la iluminación juega un papel fundamental por la poca luz que entra en la cavidad oral. Si realizásemos nuestras fotografías sin flashes accesorios obtendríamos imágenes oscuras en las que apenas apreciaríamos nada. Los flashes electrónicos proporcionan luz con una temperatura de color neutral, adecuada y constante lo que permite una adecuada exposición. La calidad de una fuente de luz depende de la temperatura de color, que se mide en grados Kelvin(K). La temperatura del color es un indicativo de la calidad de la luz de manera que pocos grados de temperatura de color indican una luz caliente (roja-amarilla) mientras que muchos grados indican una luz fría (azul-blanca)<sup>(27)</sup>. En la toma de color se toma como referencia la temperatura de color de 6540K, que correspondería a la luz natural de medio día un día soleado. Sin embargo, no podemos usar la luz natural como fuente de iluminación, no solo por la poca luz que entra en cavidad oral si no también porque no realizamos siempre las fotos a la misma hora ni las condiciones de sol son constantes. Es por ello que empleamos flashes electrónicos, que además, corrigen la temperatura a 5500K, que es ideal para fotografía porque es justo a esa temperatura donde los tres colores primarios aditivos rojo, verde y azul (RGB) están representados en las mismas proporciones<sup>(27)</sup>. Esto permite obtener imágenes predecibles en cualquier momento del día bajo cualquier circunstancia. No obstante, el efecto de iluminación depende de la forma y la disposición de las fuentes de luz. Hay tres tipos de configuraciones de flash electrónico disponibles para fotografía dental:

### **1.11.1 FLASH ANULAR O RING-FLASH:**

Quizás sea el mas común en el campo la odontología por su facilidad de manejo y su rápida curva de aprendizaje. El flash anular crea una ráfaga de luz alrededor de todo el eje óptico y normalmente esta situado justo por delante del objetivo de manera que elimina todas las sombras. Este tipo de configuración de flash es la mas apropiada para fotografiar

sectores posteriores donde la iluminación esta realmente comprometida. Sin embargo, el principal inconveniente de los flashes anulares es que, crea una imagen plana, sin sombras, aburrida y mediocre. Mientras es una excelente fuente de iluminación de las regiones posteriores de la boca, para dientes anteriores o para restauraciones donde la estética es de suma importancia, no se recomiendan los flashes anulares ya elimina los detalles finos, la translucidez y las sutiles transiciones de color<sup>(23, 26, 27)</sup>.



**Figura 27.** Flash anular Canon MR-14EX.

#### **1.11.2 FLASH BILATERAL O TWIN-FLASH:**

Los flashes bilaterales consisten en dos unidades de flash independientes montadas en el objetivo de dos formas posibles: o bien montados de manera fija en una posición determinada a ambos lados del objetivo, o montados en dos brazos laterales que aceptan diferentes posiciones. Aunque la primera, puede parecer similar a un flash anular, la luz solo se emite por dos unidades alineadas verticalmente a la izquierda y derecha del objetivo, por lo que no se emite luz ni desde arriba ni desde debajo<sup>(23, 26)</sup>.

Aunque para la utilización correcta de los flashes bilaterales se necesita una mayor experiencia en fotografía, las ventajas de este flash son extraordinarias ya que ofrece la mejor combinación de iluminación suave y uniforme a la vez que revela simultáneamente detalles de la superficie, las transiciones de color, variaciones de translucidez, y cracks del

esmalte. Por ello, este flash es muy útil en odontología estética, especialmente cuando se trabaja el sector anterior<sup>(23, 26, 27)</sup>.



**Figura 28.** Flashes laterales fijos y articulados.

#### **1.11.3 POINT FLASH:**

En esta configuración, existe una única fuente de luz situada a uno de los lados del objetivo con la intención de crear sombras y efectos dando mas profundidad a la imagen. Sin embargo este tipo de configuración requiere mucha experiencia y agilidad, además hay que invertir mucho tiempo configurando los set-ups de la cámara en cada exposición. Este efecto lo podemos conseguir bloqueando el paso de luz en uno de los flashes bilaterales<sup>(23, 26)</sup>.

#### **1.11.4 OTROS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y TOMA FOTOGRÁFICA EN ODONTOLOGÍA:**

##### ***SMILE LITE + SMILE CAPTURE (STYLEITALIANO)***<sup>(28, 29)</sup>:

Smile Lite es una herramienta revolucionaria. Esta Equipada con LEDs (Diodos Emisores de Luz) calibrados a una temperatura de la luz de 5500°K. Produce luz natural, neutral, estable y fiable en cualquier momento del día sin importar las condiciones de luz del exterior (nublado o soleado).

Es ideal para la toma de color ya que la calidad de la luz permite distinguir más fácilmente la tonalidad, el valor y la cromaticidad de los dientes naturales. También hace que las estructuras internas de los dientes sean más evidentes. Su apertura rectangular a través de la cual se observan los dientes, delimita un área precisa que elimina fuentes de distracción (como otros tipos de luz, o colores ajenos a la escena). Smile Lite posee L.E.D.s de tipo SMD de la mas alta calidad, destinados a durar entre 30,000 y 50,000 horas. Cuenta con una batería de Ión-Litio integrada y la carga se puede realizar con el cable mini USB ya sea conectada a la pared o incluso en una salida USB del PC. Smile Lite es sencillo de utilizar, tiene un peso muy ligero, es compacta y ergonómica.

A Smile lite se le puede acoplar otra herramienta: el Smile Capture. Esta herramienta permite la toma de fotografías intraorales de una manera muy sencilla con el iPhone acoplado en la Smile Lite. Dicho de otra manera, es un acollador que permite integrar un iPhone (compatible con los modelos 4, 4S, 5, 5S, 6) con el Smile Lite. Las imágenes se pueden tomar con luz natural (LED) y también se pueden filmar pequeños videos de una forma muy sencilla.

Smile Capture tiene la ventaja de ser un sistema « plug and play » (listo para usar) y que no requiere entrenamiento previo solo después de unas pocas pruebas el usuario será capaz de tomar fotos de alta calidad.

Para poder realizar las fotos necesitas la aplicación (disponible en App Store). Con una interfase amigable, la aplicación guía al usuario a través de los diferentes pasos, desde el registro del paciente hasta el procedimiento de calibración y, para quienes lo deseen, la posibilidad de tratar digitalmente las fotografías con el filtro especial de « deep view » para el análisis de color, y otros filtros útiles.



**Figura 29.** Smile lite y Smile capture (*Styloitaliano*)

## **1.12 SET-UPS DE LA CÁMARA.**

### **1.12.1 CONTROL DE LA EXPOSICIÓN**

Para la obtención de fotografías de calidad es necesario un adecuado el control de la exposición, controlando la cantidad de luz que entra a través del objetivo y expone el sensor. Para una correcta exposición , hay que encontrar el equilibrio entre la apertura de diafragma (f-stop), el tiempo de exposición o velocidad de obturación y la sensibilidad del sensor (ISO)<sup>(23, 26, 30, 31)</sup>. Además en fotografía dental otro factor a considerar será la intensidad y duración del flash<sup>(31)</sup>.

La apertura de diafragma se calibra en el número f; cuanto mayor sea el número, menor es la apertura. También la apertura determina la profundidad de campo que determina qué partes de la imagen están enfocadas, una apertura grande de f-4 tiene poca profundidad de campo, mientras que con una f-22 prácticamente todo de atrás hacia delante aparecerá nítidamente enfocado. La velocidad de obturación es la cantidad de tiempo que el obturador permanece abierto cuando se activa el disparador, expresado en fracciones de segundos, por ejemplo, 1/125 s es más rápida que 1/60 s.<sup>(30)</sup> De forma lógica cuanto mayor sea la apertura y mayor menor sea la velocidad de obturación, mayor será la exposición. Con lo que es necesario jugar con estos set-ups para lograr una adecuada exposición.



La sensibilidad ISO, que determina la sensibilidad del sensor, para fotografía dental suele tomar un valor constante de 200, ya que cuanto mas alto sea la sensibilidad ISO , a menudo crea artefactos moteados no deseados conocidos como “ruido” o “grano”<sup>(31)</sup>.



**Figura 30.** Set-ups para controlar la exposición.

Hoy en día las cámaras cuentan con una tecnología integrada conocida como TTL. TTL o “Through The Lens metering” es una tecnología de las cámaras y unidades de flash modernos para determinar la exposición correcta en nuestros sujetos cuando utilizamos flash. En general los sistemas TTL funcionan de la siguiente manera: Cuando vamos a tomar una foto y presionamos el disparador completamente se activa el sistema TTL y el flash emite un pulso de baja potencia conocido como “pre-flash” que ilumina nuestro sujeto. La cámara mide la cantidad de luz que rebota del sujeto y determina mediante algoritmos matemáticos cual debe ser la potencia o duración del flash para lograr una buena exposición<sup>(23, 26, 31)</sup>. El “pre-flash” ocurre tan rápido que normalmente no podemos distinguirlo del disparo final. De esta forma, independientemente de los valores de apertura, velocidad de obturación e ISO vamos a lograr la misma exposición, siempre y cuando estemos entre los límites de operación de flash.

Sin embargo, al fotografiar una escena que contiene un alto porcentaje de extremos de luz, es decir, zonas muy oscuras y zonas con mucho brillo, la utilización de sistemas automatizados de exposición puede ser problemático. Desafortunadamente, en fotografía

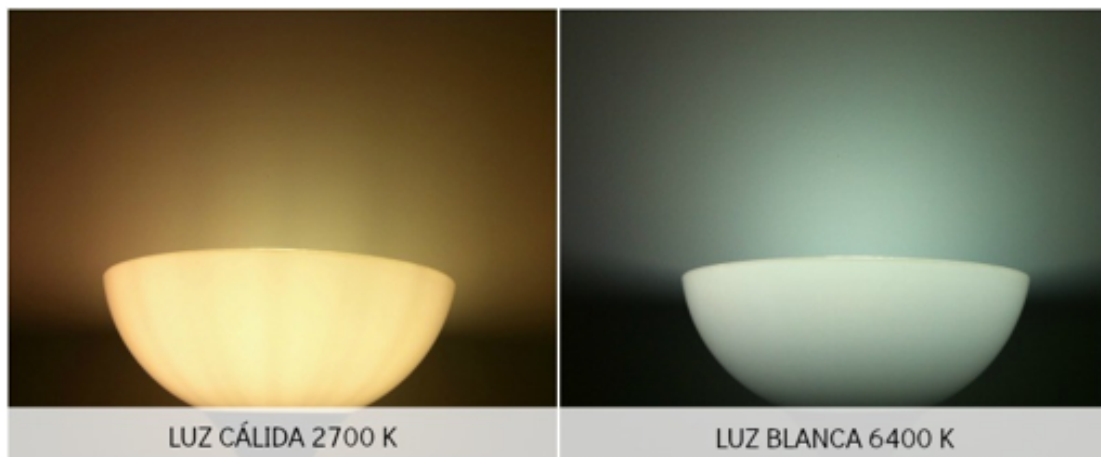
dental ocurre esta situación, donde existen los dientes, con un alto brillo rodeados de sombras oscuras propias de la cavidad oral. El problema es que en estas situaciones, el sistema TTL puede responder de forma incorrecta y tratar de modificar la exposición, de forma que las zonas claras y oscuras aparezcan en un tono medio distorsionando por completo la imagen. Así, si la cámara analiza los valores de luminosidad de una escena con alto porcentaje de zonas claras, el sistema TTL determinara que hay demasiada luminosidad en comparación con los tonos medios esperados. De esta forma, el control automático establecería una exposición excesivamente baja obteniendo una imagen tenue y artificial. En el caso contrario en una escena con un alto contenido de sombras y zonas oscuras, el sistema TTL determinara que hay poca luz por lo que el control automático establecería una mayor exposición obteniendo una imagen artificialmente clara<sup>(23, 26)</sup>.

Por todo lo expuesto, es por lo que se prefieren un control manual de la exposición que proporciona una imagen más precisa, ya que no esta influenciados por la cantidad variable de luz que se refleja de zonas claras u oscuras obteniendo resultados mas predecibles<sup>(31)</sup>. Sin embargo, esto requiere mayor experiencia y conocimientos de fotografía por lo que para profesionales con poca experiencia, el control automático de la exposición es una muy buena herramienta que permite la obtención de fotografías correctas<sup>(23, 26, 30)</sup>.

### **1.12.2 PRECISIÓN DEL COLOR , BALANCE DE BLANCOS**

Los colores que se visualizan en última instancia en una fotografía están determinados por la combinación de las propiedades ópticas del material, el contenido espectral de la iluminación, los algoritmos de procesamiento de color en la cámara digital, y el flujo de trabajo del hardware y software de ordenador utilizado para procesar la imagen<sup>(31)</sup>. Con todo esto resulta difícil obtener el color que nosotros apreciamos con nuestros ojos de manera precisa.

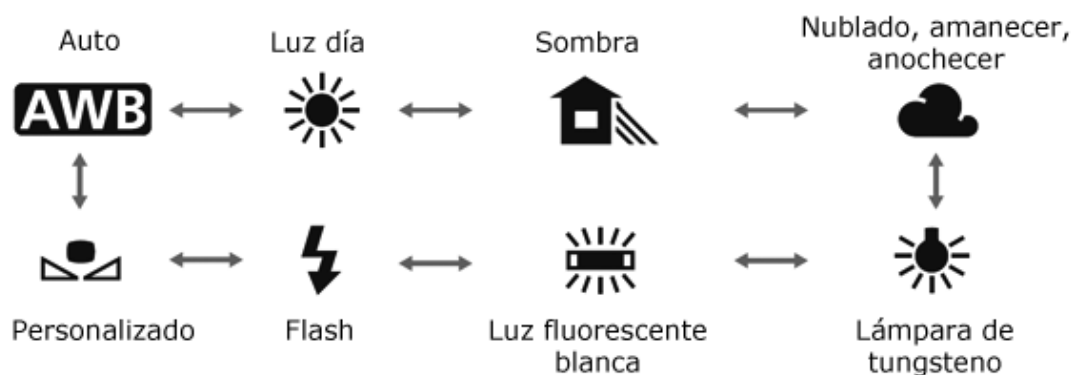
En la expresión correcta del color es imprescindible tener en cuenta el balance de blancos. Este, es un ajuste realizado por software que consigue una reproducción de color correcta sin mostrar dominancias de color, que son especialmente notables en los tonos neutros (el blanco y los distintos tonos de gris), con independencia del tipo de luz que ilumina la escena. Los colores capturados por las cámaras dependen, como es evidente, de la iluminación. La luz que atraviesa el objetivo y excita el sensor puede ser natural o artificial, y dentro de éstas, las hay de diferentes tipos que dependen de una serie de características diferenciadoras. Una de ellas es precisamente la temperatura de color, que expresa la dominancia de color de una fuente de luz determinada, que varía según la distribución espectral de la energía. Por ejemplo: un hoja de papel fotografiada con luz natural (6500k) se vera blanca, mientras que fotografiada con iluminación de tungsteno, mas cálida se vera amarillenta, y si es fotografiada con una luz mas fría se vera azulada. La clave del balance de blancos es conseguir que en ambas situaciones, es decir en situaciones con diferentes temperaturas de color la hoja se vea del mismo color, ósea blanca.



**Figura 31.** Observe la diferencia entre el mismo objeto fotografiado bajo temperaturas de color diferentes.

En las cámaras digitales, el balance de blancos se puede realizar de tres formas: automáticamente, de manera manual o con una tarjeta gris al 18% con una densidad

neutra<sup>(30, 32, 33)</sup>. En la mayoría de los casos el ajuste automático es suficiente, e incluso las cámaras tienen modos predeterminados de blanco de blancos para diferentes situaciones. Sin embargo, en la cavidad oral el ajuste automático para el balance de blancos puede ser problemático ya que no existen blancos, grises y negros neutros que faciliten la calibración<sup>(31)</sup>. De esta manera, si quisiéramos ser más rigurosos deberíamos de realizar el balance de blancos de manera manual o con la tarjeta gris en un software de edición de imagen (Adobe Lightroom)<sup>(33, 34)</sup>.

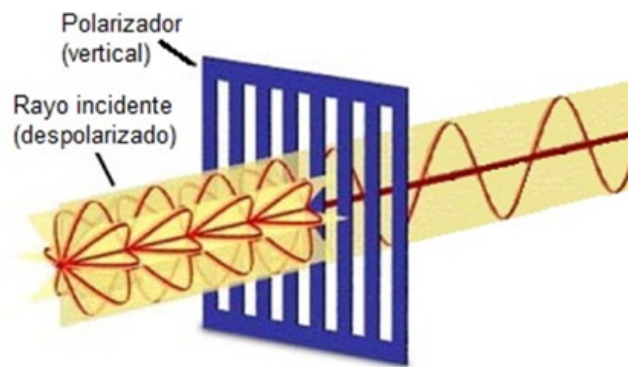


**Figura 32.** Modos predeterminados para ajustar el balance de blancos.

### 1.13 FILTROS DE LUZ. FILTRO POLARIZADOR

Como vemos, la fotografía digital no es la mejor herramienta para la toma de color por ya que viene influenciado por la exposición y el balance de blancos. Además, si a esto le sumamos la alta reflectancia del esmalte se hace todavía más complicado. El esmalte tiene una alta capacidad de reflejar la luz incidente, puesto que nosotros necesitamos fuentes de iluminación adicional como flashes anulares o bilaterales, son muchos los reflejos que nos encontramos en la imagen final. Estos reflejos deprecian el valor de la fotografía ya que no nos permite apreciar muchos detalles. Características propias del esmalte, pequeños cracks, textura superficial, dentina subyacente e incluso propiedades cromáticas pueden pasar desapercibidas por culpa de estos reflejos.

Precisamente con el objetivo de eliminar estos reflejos, se esta empleando cada vez mas la toma de fotografías con filtros polarizados<sup>(34)</sup>, que aunque nos proporcionen una imagen de carácter poco natural, nos permite apreciar todos estos detalles<sup>(35)</sup>. Un filtro polarizador consiste en película polimérica a base de Iodo estirada y emparedada entre dos vidrios capaz de transmitir una determinada dirección de oscilación del campo eléctrico de una onda electromagnética como la luz. La luz esta formada por campos eléctricos que se propagan en cualquier dirección. Los polímeros de Iodo se organizan en una serie de bandas a lo largo del filtro absorbiendo las ondas del espectro incompatibles con esa distribución y filtrando una sola dirección de oscilación, dejando pasar ondas que se transmiten en un solo plano<sup>(35, 36)</sup>.



**Figura 33.** El filtro polarizador absorbe las ondas incompatibles con su distribución.

La luz reflejada producida por el flash puede reducirse utilizando una técnica llamada polarización cruzada. Para ello es necesario colocar un primer filtro polarizado en la fuente de luz, en el flash, este filtro filtra las ondas del espectro dejando pasar ondas en una sola dirección de oscilación. Para evitar la entrada en la cámara de esta luz viajando en un solo plano del espacio electromagnético es necesaria la colocación de un segundo filtro polarizador en el objetivo. Este segundo filtro se alinea de tal modo que las moléculas de polarización estén a 90° con el primer filtro, de modo que absorban, la luz polarizada producida por el flash. Es importante utilizar filtros polarizadores gris neutro con cambio mínimo de la temperatura de color y también con transmisión máxima<sup>(35, 36)</sup>.



**Figura 34.** Distribución de los filtros polarizadores. Primer filtro en el flas y segundo filtro en el objetivo.

#### 1.13.1 POLAR EYES (EMULATION)<sup>(37)</sup>

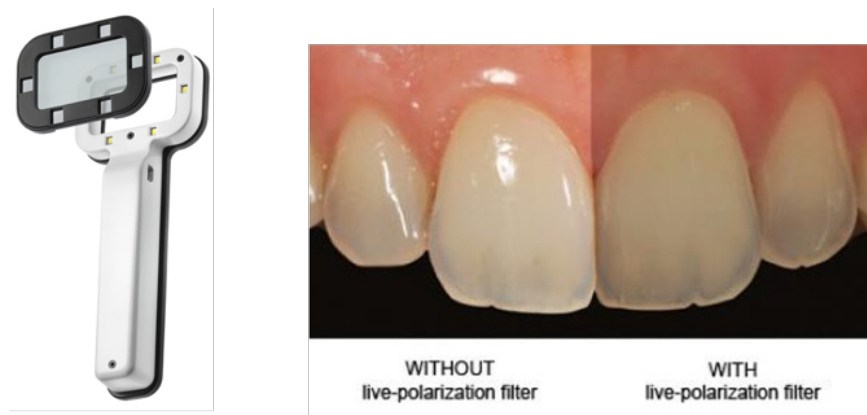
En el mercado existen filtros polarizadores exclusivos para uso odontológico. Un ejemplo es el Polar Eyes by Emulation. Polar Eyes, es un dispositivo fotográfico que permite al usuario tomar fotos eliminando las reflexiones especulares no deseados que engañan a la interpretación visual durante el registro de la fotografía en color. El filtro se adhiere magnéticamente al objetivo macro y al flash. Existen diferentes modelos para poder adaptarlos a objetivos y flashes diferentes.



**Figura 35.** Polar Eyes (*Emulation*) para diferentes flashes anulares.

### **1.13.2 SMILE LITE (STYLO ITALINO)<sup>(29)</sup>**

Otro filtro polarizador de uso exclusivo en odontología es el Smile Lite. Este dispositivo, que ya comentamos anteriormente tiene la opción de colocar un filtro polarizador en la lámpara ya que viene equipado con botones magnéticos que permiten colocarlo y quitarlo de una manera muy sencilla. El filtro permite generar luz polarizada que elimina los reflejos no deseados (especulares y difusos) y permite una mejor apreciación del color, mejor entendimiento de las transparencias del diente y el realce de los más pequeños detalles.



**Figura 36.** Filtro polarizador Smile Lite (*Styloitaliano*).

## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**



Con todo el conocimiento previo y considerando la toma de color un paso fundamental en el éxito e integración de nuestras restauraciones, es necesario estudiar las posibles contribuciones de las diferentes técnicas fotografías en cuanto a sistemas de iluminación para evaluar el color. Por esto y por la ausencia de información contrastada en la literatura creemos interesante evaluar las discrepancias con los diferentes métodos con respecto a un espectrofotómetro.

Así, establecemos la **HIPÓTESIS NULA ( $H_0$ )** de nuestro estudio:

No existe concordancia entre el espectrofotómetro SPECTROSHADE MICRO (*MHT*) y los distintos dispositivos de iluminación utilizados en las diferentes técnicas fotográficas: flash anular, flash lateral, flash lateral con difusores, monocromo, filtro polarizador Smile Lite + Smile Capture (*STYLOITALIANO*) + Iphone 5s (*APPLE INC*).

Además, se establecen los siguientes **OBJETIVOS**:

1. Evaluar la concordancia entre espectrofotómetro y diferentes dispositivos de iluminación utilizados.
2. Evaluar la repetibilidad intramétodo tanto del espectrofotómetro como de los diferentes dispositivos de iluminación.
3. Evaluar la repetibilidad intragrupo de los grupos estudiados: profesionales, estudiantes y ceramistas con los diferentes dispositivos de iluminación.
4. Evaluar la sensibilidad de cada dispositivo de iluminación utilizado en las diferentes técnicas fotográficas tomando como Gold estándar el espectrofotómetro.

### **3. MATERIAL Y MÉTODO**

### **3.1 SELECCIÓN DEL DIENTE DE REFERENCIA. DIENTE 21.**

Para la realización de este estudio se seleccionó un incisivo central superior debido a que presentan una gran cara vestibular con una superficie relativamente plana que favorece la medición con el espectrofotómetro y se trata de una zona de fácil acceso, en la que no interfieren ni los labios ni las mejillas. Se seleccionó un diente libre de caries, restauraciones o discoloraciones, que no hubiera recibido blanqueamiento y con un alineamiento razonable con los dientes adyacentes para facilitar la toma de color<sup>(14)</sup>.

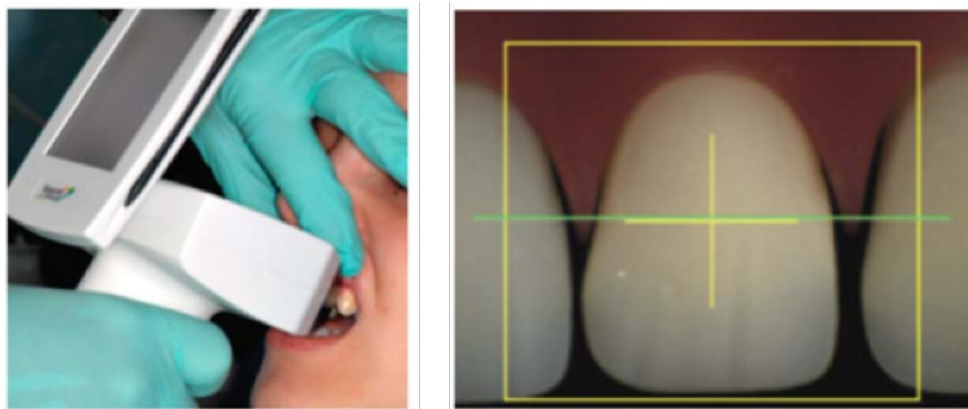
Se realizaron mediciones con espectrofotómetro Spectroshade<sup>©</sup> (MHT<sup>©</sup>). Este instrumento emplea una geometría óptica 45/0 para capturar y grabar imágenes utilizando una fuente de luz D65 (6500º K) que se transforma en luz monocromática ( $k = 400-720 \text{ nm}$ ) a través de la rejilla. Su funcionamiento se basa en calcular la diferencia numérica entre el color del diente natural y el color seleccionado en cuanto a las propiedades de éste que hemos definido, es decir, saturación, matiz y brillo. Este instrumento realiza una valoración general del color del diente, una evaluación de las tres áreas del mismo (cervical, medio e incisal) y un análisis detallado de todos los puntos. Proporciona una imagen digital polarizada, en la que podemos definir el contorno del diente que queremos medir. Realiza un análisis general de las zonas de los dientes, da una imagen de la translucidez y aporta un mapa cromático.

Antes de comenzar con la medición, se calibra el aparato con los azulejos de calibración del blanco y verde. La máquina automáticamente pide volver a realizar este paso cuando lo necesita. Una vez calibrado, colocamos una almohadilla en la boquilla del instrumento que va a estar en contacto con el diente. Estas almohadillas son desechables y de uso individual. Sugérimos al paciente que mantuviera la boca ligeramente abierta, respirando por la nariz, con la lengua inmóvil y hacia abajo. Posicionamos el aparato en un área de 3 mm de diámetro sobre la zona central del tercio medio del diente, para conseguir un correcto ángulo de refracción de la luz. Se debe prestar especial atención a los dientes antagonistas, los labios y lengua, para evitar interferencias que pudieran

afectar negativamente al resultado. Una vez colocado el Spectroshade sobre el diente y con el paciente con la musculatura perilabial relajada, se procedió a pulsar el botón para que apareciera una luz con muchos colores. En ese momento se busca la posición exacta en la que la medición es la más precisa. Para conseguir esta posición el dispositivo muestra una línea en la pantalla del instrumento que debe estar verde y aproximadamente en el centro de la pieza dentaria. Así la imagen pudo ser captada correctamente para medir el color del diente.



**Figura 37.** Calibración del Spectroshade micro (MHT).



**Figura 38.** Posicionamiento del Spectroshade micro (MHT).

Es importante que tanto el paciente como el operador se mantengan lo más inmóviles posible ya que el aparato detecta cualquier micromovimiento y hace que la imagen detectada sea incorrecta. Realizadas todas las mediciones, se conectó el Spectroshade al ordenador y se descargaron las imágenes al ordenador. Las imágenes fueron analizadas por un programa proporcionado por el fabricante del Spectroshade y

fue manipulado por un mismo operador entrenado. El software realizó un análisis de la gradación del color más cercano a la gama de color de referencia que se había señalado anteriormente. Se seleccionó el color de la guía vita 3D Master cuya longitud de onda fue más similar a la longitud de onda del diente natural.



**Figura 39.** Determinación del color del diente definiendo el contorno manualmente.



**Figura 40.** Color del diente por tercios, mapa cromático y translucidez.

Se realizaron 60 mediciones en el diente de referencia para comprobar la repetibilidad del espectrofotómetro tomando exclusivamente como referencia una medición puntual en el tercio medio del incisivo central superior izquierdo. El resultado mas repetido en las 60 mediciones fue el color 1M1 correspondiente a la guía Vita 3D Master.

### **3.2 TOMA FOTOGRÁFICA**

Antes de la toma de fotografías, la paciente firmó el consentimiento. Para la toma de fotografías se usó una cámara DSLR (Nikon 7100) equipada con un objetivo macro (Macro Nikon 105mm) y diferentes dispositivos de iluminación. Además, se realizaron fotografías con iPhone 5s y Smile Capture + Smile lite (*Styloitaliano*). Quedaron 5 grupos en los que se realizaron las fotografías con los siguientes dispositivos de iluminación y los siguientes parámetros:

FLASH ANULAR: Nikon 7100. Objetivo Macro Nikon 105 mm/f2.8 Flash anular Metz

Diafragma: 29

Velocidad de obturación: 1/160

ISO: 100

WB: 5300 °K

Enfoque manual

Flash posición Manual: 1/8

FLASH LATERAL: Nikon 7100. Objetivo Macro Nikon 105 mm/f2.8 Flash Nikon R1C1

Diafragma: 29

Velocidad de obturación: 1/160

ISO: 100

WB: 5300 °K

Enfoque manual

Flash posición Manual: 1/4

FLASH LATERAL CON DIFUSORES: Nikon 7100. Objetivo Macro Nikon 105 mm/f2.8 Flash Nikon R1C1. Difusores Softbox Lumiquest

Diafragma: 29

Velocidad de obturación: 1/160

ISO: 100

WB: 5300 °K

Enfoque manual

Flash posición Manual: 1

LUZ POLARIZADA: iPhone 5s, Smilecapture, Smilelite, Box de calibración. App Smile capture.

MONOCROMO: Se obtuvieron fotografías en monocromo (blanco y negro) con : Nikon 7100. Objetivo Macro Nikon 105 mm/f2.8 Flash Nikon R1C1 y los mismos parámetros que con el flash lateral.

Se realizaron cuatro fotografías por grupo. En la primera fotografía se enfrentaba una tablilla de la guía Vita 3D Master con el valor obtenido con el espectrofotómetro (1M1) al diente de referencia 21. Además se realizaron otras tres fotografías con las tablillas adyacentes según la escala de valor de la propia guía. Las otras tres tablillas que se emplearon para la toma fotográfica fueron 0M1; que corresponde a una tablilla de mas valor , 2M1; que corresponde a una tablilla de menos valor y 1M2; que se corresponde a una tablilla con mas croma.

Una vez obtenidas las cuatro fotografías por grupo, se trasladaron en formato JPG. a un ordenador MacBook Pro (Apple Inc.) con la versión de software 10.10.2 OS X Yosemite (Apple Inc.) y fueron editadas en Keynote versión 6.5.3 (Apple Inc.) ordenándolas en cinco diapositivas, una por grupo. De esta manera cada diapositiva pertenecía a uno de los grupos (tipo de iluminación) y contenía las cuatro fotografías, una con cada tablilla.

Las fotografías se editaron de forma que se eliminase la referencia de la tablilla para cegar a los participantes y se eliminaron los tejidos periorales que no nos interesaban. Además, se ordenaron de manera totalmente aleatoria en cada diapositiva.



**Figura 41.** Diapositiva con las fotografías codificadas realizadas con flash anular.

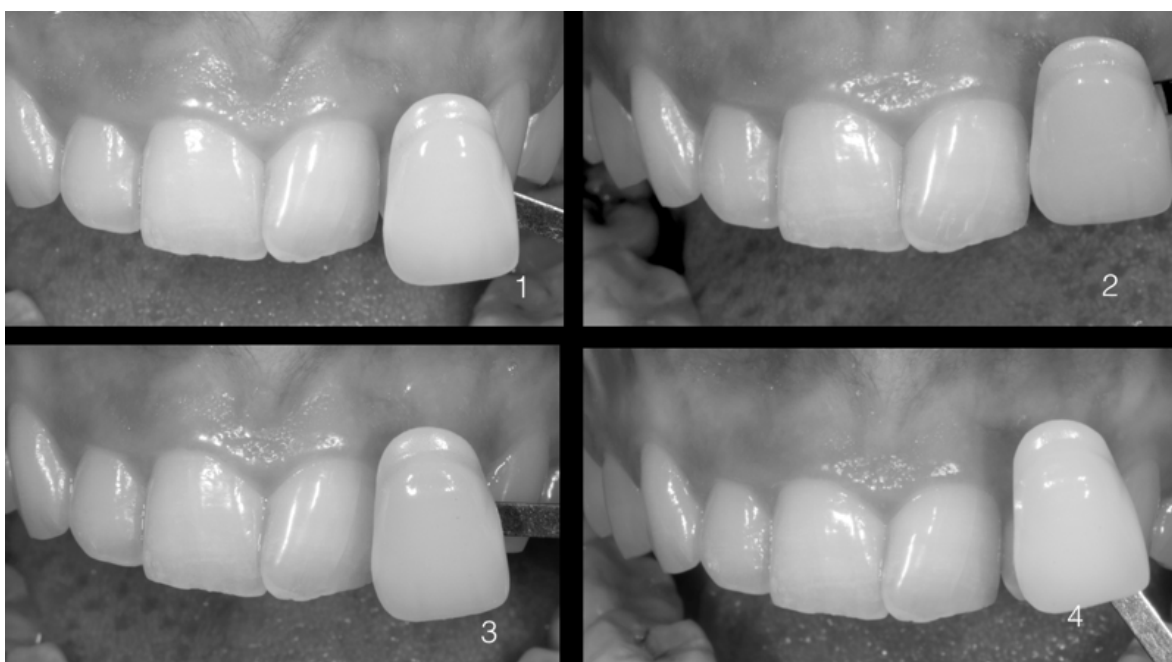


**Figura 42.** Diapositiva con las fotografías codificadas realizadas con flashes twins con difusores





**Figura 43.** Diapositiva con las fotografías codificadas realizadas con flash twins.



**Figura 44.** Diapositiva con las fotografías monocromo codificadas.



**Figura 45.** Diapositiva con las fotografías codificadas realizadas con Iphone 5s + Simile lite + Smile capture. (*Styloitaliano*).

### **3.3 PARTICIPANTES. SELECCIÓN DEL COLOR**

Para la selección de participantes en este estudio, se realizó un muestreo no probabilístico de conveniencia seleccionando sujetos accesibles de los que se pudiera disponer con facilidad.

Se incluyeron tres grupos de veinte participantes para la selección de color:

- Estudiantes de 4º de Grado en Odontología.
- Profesionales con más de cinco años de experiencia en Odontología Restauradora.
- Técnicos de laboratorio con dedicación a las cerámicas dentales.

Para la selección de la muestra se siguieron los siguientes criterios:

Criterios de inclusión:

- Alumnos de 4º de Grado en odontología sin tener en cuenta las variables sexo y edad.
- Profesionales con más de cinco años de experiencia sin tener en cuenta las

variables sexo y edad.

- Técnicos de laboratorio con dedicación a las cerámicas dentales sin tener en cuenta las variables de sexo y edad.

Criterios de exclusión:

- Profesionales que han cesado su actividad clínica.
- Técnicos de laboratorio no acostumbrados a trabajar con cerámicas dentales y con dedicación a otros campos de la prostodoncia.
- Participantes con problemas para la percepción de color.
- Sujetos que rechazasen participar en el estudio.

Para la selección de color, se presentaba de manera individual a los participantes las diapositivas. De esta manera, en cada diapositiva, que pertenecía a un dispositivo de iluminación diferente, tenían que decir cual de las cuatro tablillas consideraban que se adecuaba más al diente de referencia fijándose exclusivamente en el tercio medio, ya que es la medición que habíamos realizado con el espectrofotómetro y teniendo en cuenta el valor, ya que la guía que se había utilizado era la Vita 3D Master.

Las fotografías, en las que se eliminó la referencia de la tablilla, recibieron un valor numérico de derecha a izquierda y de arriba a abajo en la diapositiva, de manera que los participantes no sabían de que tablilla se trataba ni que dispositivo de iluminación se estaba utilizando. Para comunicar su elección solo tenían que decir la numeración que había recibido la foto con la tablilla que ellos consideraban.

Las diapositivas se mostraron a todos los participantes en un ordenador MacBook Pro 13" (2560 x 1600) con pantalla de retina (pantalla retroiluminada por LED) con una resolución de 2.560 por 1.600 a 227 píxeles por pulgada y 24bits. Además, las fotografías se mostraron con la máxima iluminación.

Las elecciones de los participantes, se archivaban por un operador independiente, no sabiendo en ningún momento la persona que elegía el color los resultados obtenidos por otros participantes.

### **3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Terminada la prueba en los 60 participantes, se creó una tabla de Excell con todos los resultados del estudio. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS 20.0. Primero se realizará un análisis a nivel descriptivo. Se realizaron unas tablas de frecuencia para ver los resultados de cada técnica fotográfica y los colores más repetidos. Para evaluar la concordancia entre las diferentes técnicas fotográficas y el espectrofotómetro, se empleó el test de chi-cuadrado estableciendo un valor de significación  $p < 0.05$ . Para valorar el grado de concordancia se realizó el test de kappa. Además se estudio la sensibilidad de cada técnica tomando como gold estándar el espectrofotómetro.

## **4. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos por operador y método se introdujeron en una tabla de Excel (Microsoft Excel 2011) para posteriormente ser analizados. Recordemos que las 60 mediciones con el espectrofotómetro las realizó el mismo operador puesto que se trata de un método objetivo y no depende de las características del operador.

Medición	Espectro
1	1M1
2	1M1
3	1M2
4	1M1
5	1M1
6	1M1
7	1M1
8	1M1
9	1M1
10	1M1
11	1M1
12	1M1
13	1M1
14	1M1
15	1M1
16	1M1
17	1M1
18	1M2
19	1M1
20	1M1

Medición	Espectro
21	1M1
22	1M1
23	1M1
24	1M1
25	1M1
26	1M1
27	1M2
28	1M1
29	1M1
30	1M1
31	1M1
32	1M1
33	1M1
34	1M1
35	1M1
36	1M1
37	1M1
38	1M1
39	1M1
40	1M1

Medición	Espectro
41	1M1
42	1M1
43	1M1
44	1M1
45	1M1
46	1M1
47	1M2
48	1M1
49	1M1
50	1M1
51	1M1
52	1M1
53	1M1
54	1M1
55	1M1
56	1M1
57	1M1
58	1M1
59	1M1
60	1M1

Operador	Profesión	Anular	Difusores	Monocromo	Polarizada	Laterales
1	Estudiantes	1M1	1M1	1M2	2M1	2M1
2	Estudiantes	2M1	2M1	2M1	2M1	2M1
3	Estudiantes	2M1	1M1	2M1	1M1	2M1
4	Estudiantes	1M1	2M1	2M1	1M1	2M1
5	Estudiantes	2M1	2M1	2M1	1M1	2M1
6	Estudiantes	1M1	1M2	2M1	2M1	2M1
7	Estudiantes	1M2	2M1	2M1	2M1	2M1
8	Estudiantes	2M1	1M1	2M1	1M1	2M1
9	Estudiantes	2M1	1M2	2M1	2M1	2M1
10	Estudiantes	2M1	2M1	2M1	2M1	2M1

11	Estudiantes	1M1	1M2	1M1	1M1	2M1
12	Estudiantes	0M1	2M1	1M1	1M1	1M2
13	Estudiantes	1M1	1M1	1M2	1M1	2M1
14	Estudiantes	1M1	2M1	2M1	1M1	2M1
15	Estudiantes	2M1	1M1	1M2	1M1	2M1
16	Estudiantes	1M2	1M2	2M1	1M1	2M1
17	Estudiantes	1M1	2M1	2M1	1M1	2M1
18	Estudiantes	1M1	1M2	1M1	2M1	2M1
19	Estudiantes	0M1	2M1	1M1	1M1	1M2
20	Estudiantes	1M1	1M1	1M2	1M1	2M1
1	Ceramistas	1M2	1M1	1M2	1M1	1M2
2	Ceramistas	1M2	1M1	1M2	1M1	1M2
3	Ceramistas	1M1	1M2	1M2	1M1	1M2
4	Ceramistas	2M1	2M1	1M2	1M1	1M2
5	Ceramistas	2M1	2M1	1M2	1M1	2M1
6	Ceramistas	1M1	1M1	2M1	1M1	2M1
7	Ceramistas	1M1	1M2	1M2	2M1	2M1
8	Ceramistas	1M2	2M1	1M2	1M1	2M1
9	Ceramistas	1M1	2M1	2M1	1M1	1M2
10	Ceramistas	2M1	1M2	2M1	1M1	2M1
11	Ceramistas	1M1	1M2	1M2	2M1	2M1
12	Ceramistas	1M2	1M2	2M1	1M1	2M1
13	Ceramistas	2M1	1M1	2M1	1M1	2M1
14	Ceramistas	1M2	1M2	1M2	1M2	1M2
15	Ceramistas	1M2	2M1	1M2	2M1	2M1
16	Ceramistas	2M1	1M1	1M2	1M1	2M1
17	Ceramistas	2M1	2M1	2M1	1M1	2M1
18	Ceramistas	1M1	1M1	1M2	2M1	2M1
19	Ceramistas	2M1	1M1	2M1	1M1	2M1
20	Ceramistas	1M1	2M1	1M2	1M1	1M1
1	profesionales	1M1	1M2	1M2	2M1	2M1
2	profesionales	1M2	2M1	1M2	1M1	2M1
3	profesionales	1M2	2M1	2M1	1M1	2M1
4	profesionales	1M2	2M1	1M2	2M1	2M1
5	profesionales	2M1	2M1	2M1	2M1	2M1
6	profesionales	1M1	1M1	2M1	2M1	2M1
7	profesionales	1M1	2M1	2M1	1M2	2M1
8	profesionales	1M1	1M1	1M2	1M1	1M1
9	profesionales	1M1	1M1	2M1	1M1	2M1
10	profesionales	1M1	1M1	2M1	1M1	2M1
11	profesionales	2M1	1M1	1M2	1M1	2M1

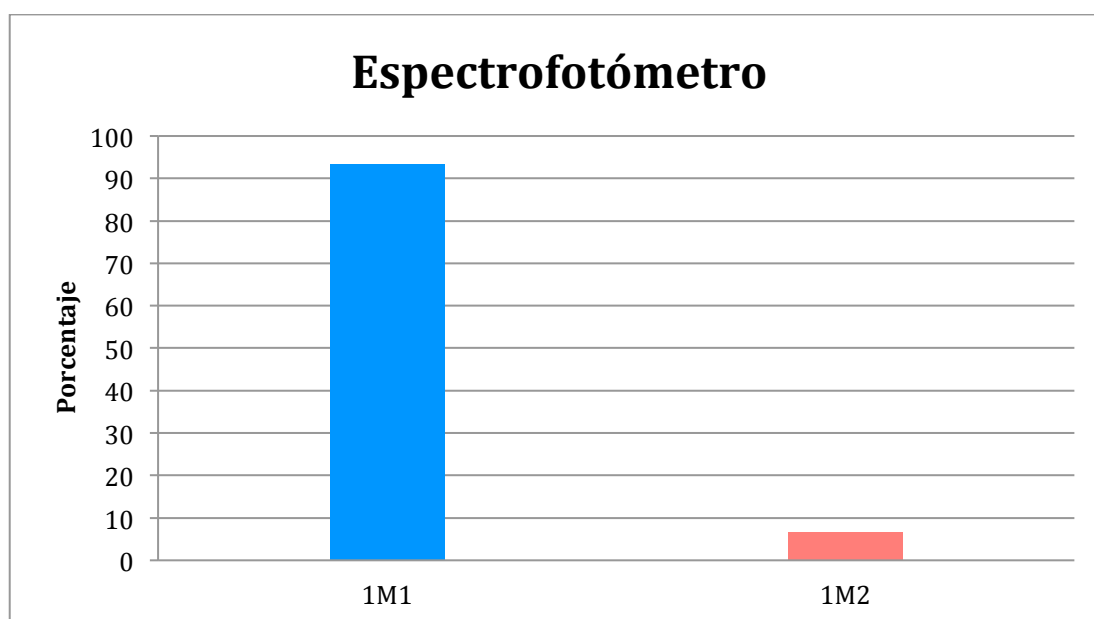
12	profesionales	1M1	1M1	1M2	1M1	1M1
13	profesionales	1M1	1M1	2M1	1M1	1M1
14	profesionales	1M1	1M2	2M1	1M1	1M1
15	profesionales	1M1	1M1	2M1	1M1	1M1
16	profesionales	1M1	1M1	2M1	1M1	1M1
17	profesionales	1M1	1M1	2M1	1M1	1M1
18	profesionales	1M2	1M2	1M2	2M1	2M1
19	profesionales	1M2	2M1	2M1	2M1	2M1
20	profesionales	2M1	1M2	2M1	2M1	2M1

## ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

Con los datos obtenidos se realizó en primer lugar la estadística descriptiva con tablas de frecuencia para ver los valores de los colores más repetidos. Desglosaremos las tablas de contingencia intramétodo.

### espectrofotómetro

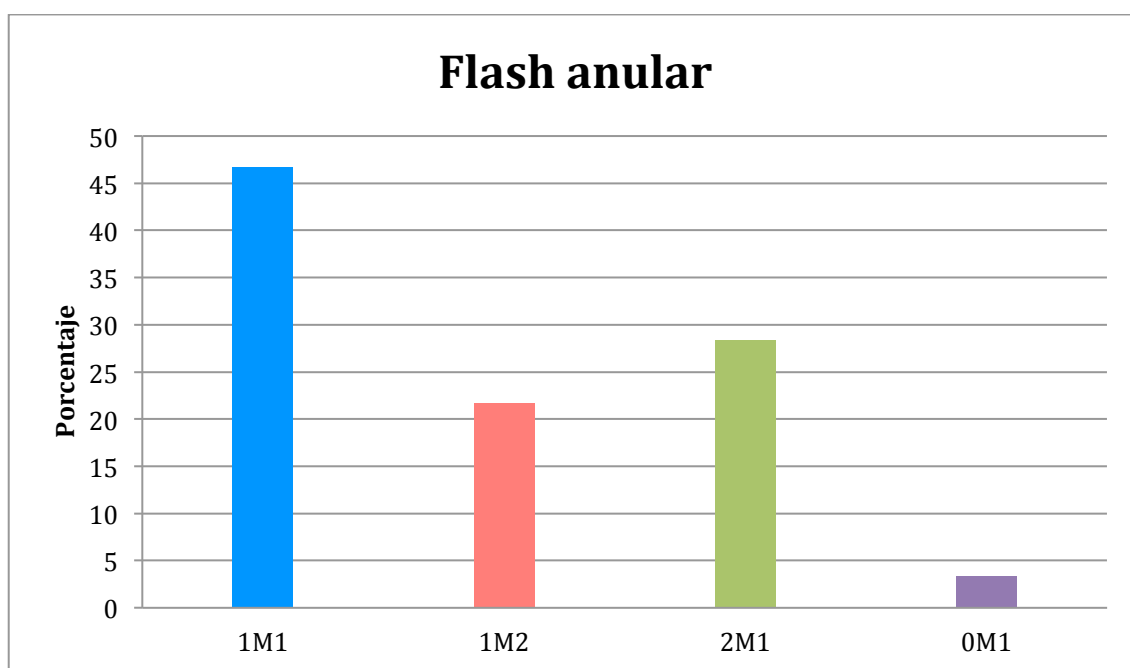
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 1M1	56	93,3	93,3	93,3
1M2	4	6,7	6,7	100,0
Total	60	100,0	100,0	





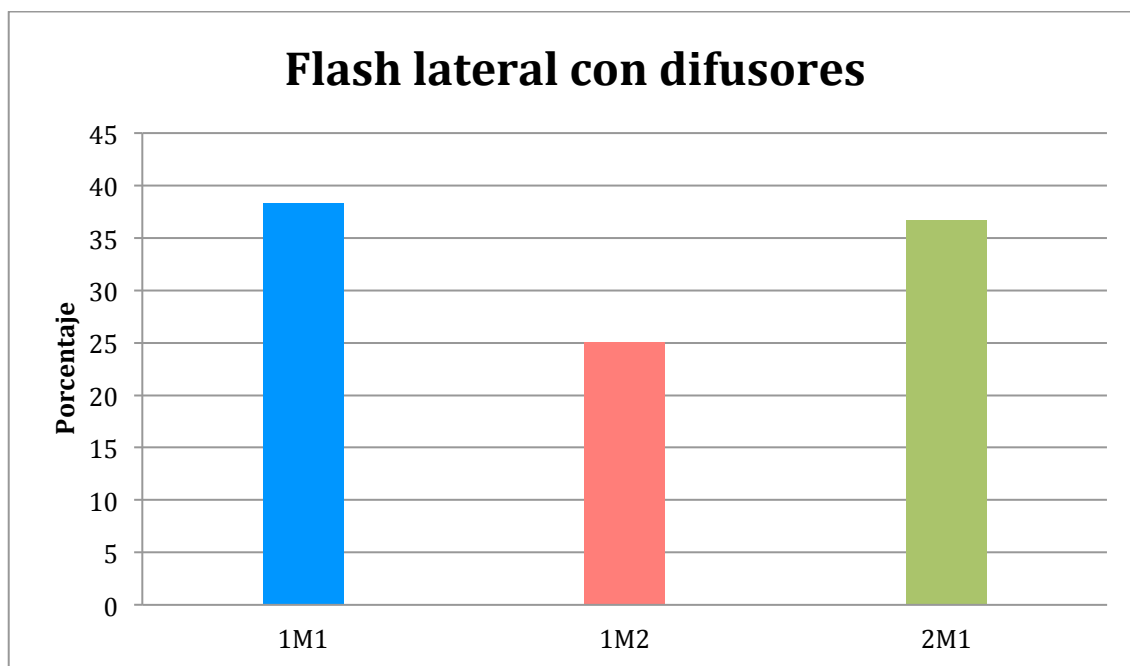
### anular

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1M1	28	46,7	46,7	46,7
1M2	13	21,7	21,7	68,3
Válidos 2M1	17	28,3	28,3	96,7
0M1	2	3,3	3,3	100,0
Total	60	100,0	100,0	



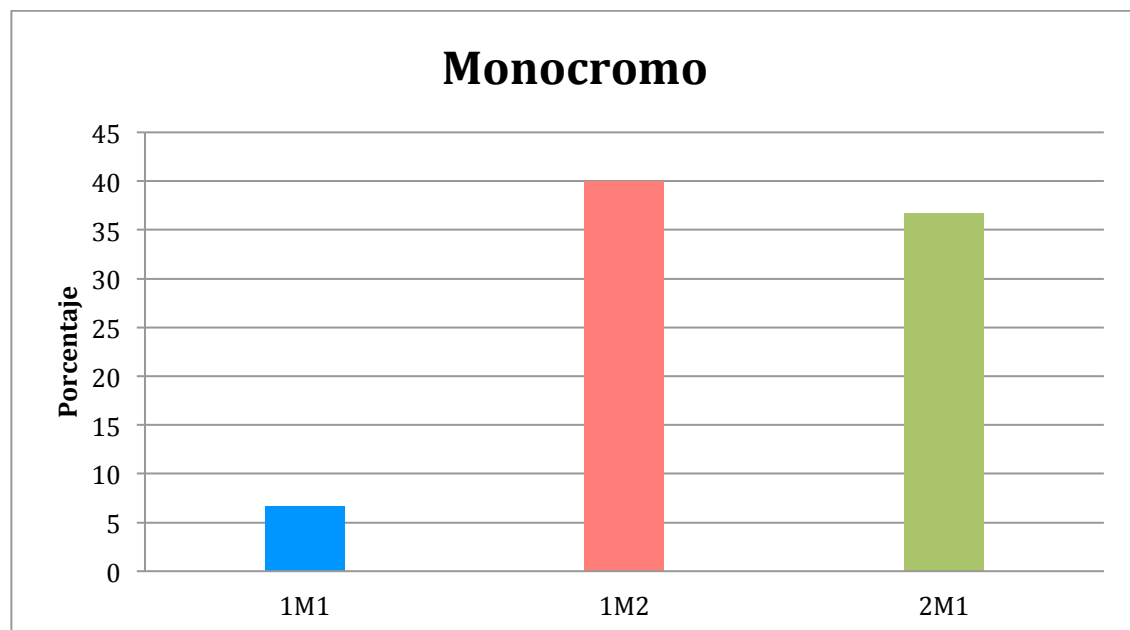
### difusores

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1M1	23	38,3	38,3	38,3
1M2	15	25,0	25,0	63,3
Válidos 2M1	22	36,7	36,7	100,0
Total	60	100,0	100,0	



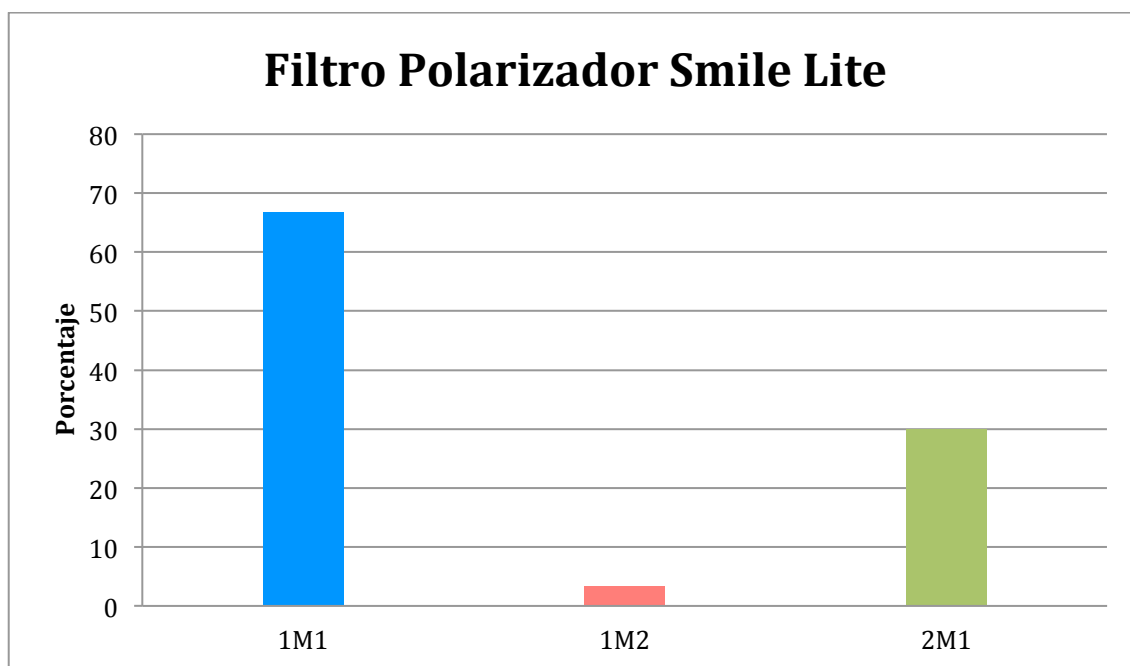
#### monocromo

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 1M1	4	6,7	6,7	6,7
1M2	24	40,0	40,0	46,7
2M1	32	53,3	53,3	100,0
Total	60	100,0	100,0	



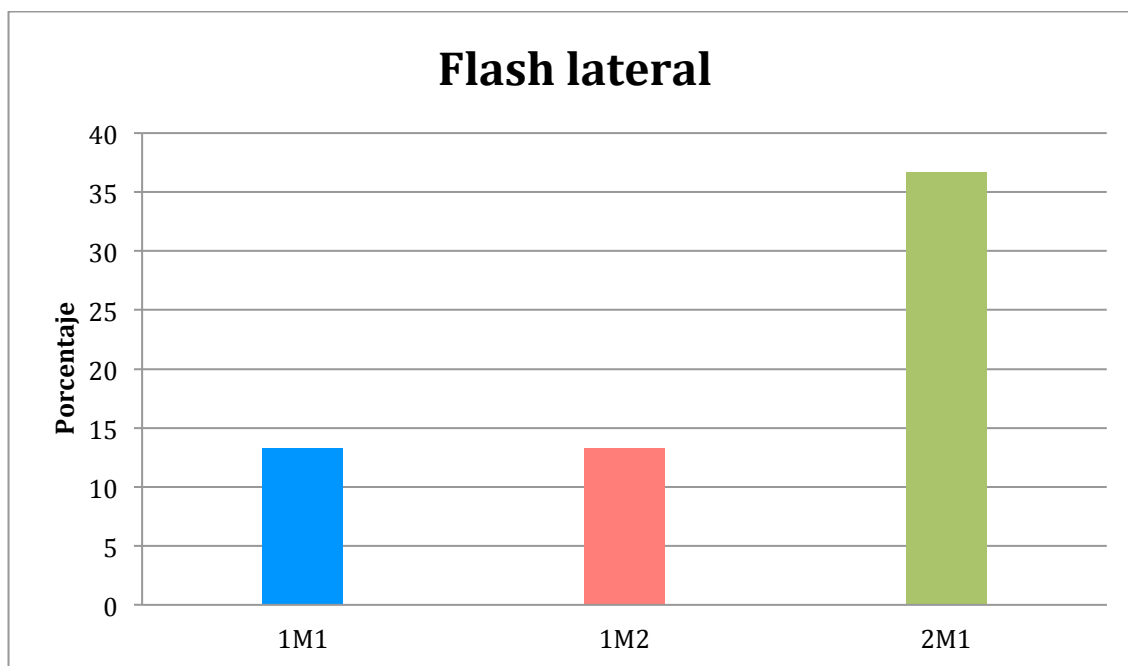
**polarizada**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1M1	40	66,7	66,7
	1M2	2	3,3	70,0
	2M1	18	30,0	100,0
	Total	60	100,0	



**laterales**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1M1	8	13,3	13,3
	1M2	8	13,3	26,7
	2M1	44	73,3	100,0
	Total	60	100,0	

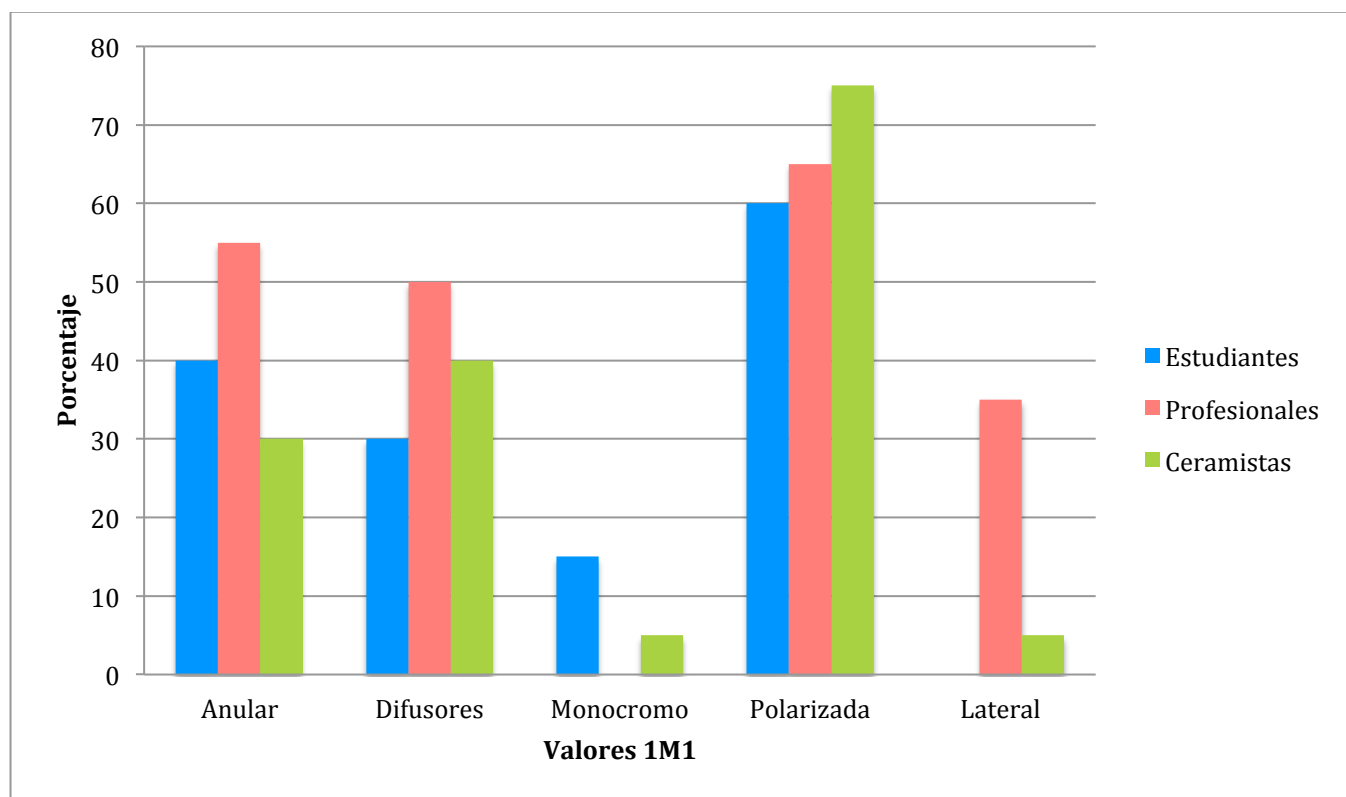


Se estudio además la frecuencia y porcentajes de selección del color 1M1 por grupo (estudiantes, profesionales y ceramistas) y método:

### Método

	anular		difusores	
	frecuencia	porcentaje	frecuencia	porcentaje
Estudiantes		40		30
Profesionales		55		50
Ceramistas		30		40
Total		46,7		38,3

monocromo		Polarizada		laterales	
frecuencia	porcentaje	frecuencia	porcentaje	frecuencia	porcentaje
	15		60		0
	0		65		35
	5		75		5
	6,7		66,7		13,3



## PRUEBAS DE SENSIBILIDAD.

Se estudio la sensibilidad de cada método tomando como gold estándar el espectrofotómetro. A continuación se muestran las tablas de contingencia comparando cada uno de los métodos con el espectrómetro. Los valores obtenidos se transformaron en una variable cualitativa dicotómica de forma que la variable “SI” indica que se obtuvo un valor 1M1 mientras que la variable “NO” indica un valor distinto a 1M1. El valor en rojo indica la sensibilidad de cada técnica fotográfica. La técnica fotográfica que obtuvo mayor sensibilidad fue el filtro polarizador (68,4), seguido del flash anular (45,6%) y el flash lateral con difusores (38,6%). La fotografía con flashes laterales (14%) y monocromo (0%) obtuvieron una sensibilidad muy inferior.

**Tabla de contingencia Espectrofotómetro \* Anular**

			Anular		Total
			si	no	
Espectrofotómetro	si	Recuento	26	31	57
		% dentro de Espectrofotómetro	<b>45,6%</b>	54,4%	100,0%
	no	Recuento	2	1	3
		% dentro de Espectrofotómetro	66,7%	33,3%	100,0%
Total	Recuento		28	32	60
	% dentro de Espectrofotómetro		46,7%	53,3%	100,0%

La probabilidad de determinar el valor correcto (1M1) sobre la fotografía tomada usando flash anular es del **45,6%**.

**Tabla de contingencia Espectrofotómetro \* Difusores**

			Difusores		Total
			si	no	
Espectrofotómetro	si	Recuento	22	35	57
		% dentro de Espectrofotómetro	<b>38,6%</b>	61,4%	100,0%
	no	Recuento	1	2	3
		% dentro de Espectrofotómetro	33,3%	66,7%	100,0%
Total	Recuento		23	37	60
	% dentro de Espectrofotómetro		38,3%	61,7%	100,0%

La probabilidad de determinar el valor correcto (1M1) sobre la fotografía tomada usando flash lateral con difusores es del **38,6%**.

**Tabla de contingencia Espectrofotómetro \* Monocromo**

			Monocromo	Total
			no	
Espectrofotómetro	si	Recuento	57	57
		% dentro de Espectrofotómetro	100,0%	100,0%
	no	Recuento	3	3
		% dentro de Espectrofotómetro	100,0%	100,0%
Total	Recuento		60	60
	% dentro de Espectrofotómetro		100,0%	100,0%

La probabilidad de determinar el valor correcto (1M1) sobre la fotografía en monocromo tomada usando flash lateral es del **0%**.

**Tabla de contingencia Espectrofotómetro \* Polarizada**

			Polarizada		Total
			si	no	
Espectrofotómetro	si	Recuento	39	18	57
		% dentro de Espectrofotómetro	<b>68,4%</b>	31,6%	100,0%
	no	Recuento	1	2	3
		% dentro de Espectrofotómetro	33,3%	66,7%	100,0%
Total	Recuento		40	20	60
	% dentro de Espectrofotómetro		66,7%	33,3%	100,0%

La probabilidad de determinar el valor correcto (1M1) sobre la fotografía tomada usando Iphone 5s y Smile Lite con filtro polarizador es del **68,4%**.

**Tabla de contingencia Espectrofotómetro \* Laterales**

			Laterales		Total
			si	no	
Espectrofotómetro	si	Recuento	8	49	57
		% dentro de Espectrofotómetro	<b>14,0%</b>	86,0%	100,0%
	no	Recuento	0	3	3
		% dentro de Espectrofotómetro	0,0%	100,0%	100,0%
Total	Recuento		8	52	60
	% dentro de Espectrofotómetro		13,3%	86,7%	100,0%

La probabilidad de determinar el valor correcto (1M1) sobre la fotografía tomada usando flash lateral es del **14,0%**.



## EVALUACIÓN DE LA CONCORDANCIA.

Se estudio la concordancia entre las diferentes técnicas fotográficas y el espectrofotómetro. Se realizaron pruebas de chi-cuadrado como prueba de hipótesis estableciendo un nivel de significación de  $p \leq 0.05$  y el índice Kappa de Cohen para establecer el nivel de concordancia.

## CONCORDANCIA ESPECTROFOTÓMETRO Y FLASH ANULAR.

**Tabla de contingencia Espectrofotómetro \* Anular**

Recuento

		anular				Total
		1M1	1M2	2M1	0M1	
espectrofotómetro	1M1	25	13	16	2	56
	1M2	3	0	1	0	4
Total		28	13	17	2	60

## Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1,825 <sup>a</sup>	3	,609
Razón de verosimilitudes	2,717	3	,437
Asociación lineal por lineal	,712	1	,399
N de casos válidos	60		

a. 5 casillas (62,5%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,13.

## Medidas simétricas

	Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Medida de acuerdo Kappa	-,061	,038	-1,314	,189
N de casos válidos	60			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Con el p valor (0,60) obtenido después de realizar la prueba de chi-cuadrado como prueba de hipótesis, no podemos afirmar que exista concordancia entre el espectrofotómetro y el flash anular

### CONCORDANCIA ESPECTROFOTÓMETRO Y FLASH LATERAL CON DIFUSORES.

**Tabla de contingencia Espectrofotómetro \* Difusores**

Recuento

		difusores			Total
		1M1	1M2	2M1	
espectrofotómetro	1M1	22	13	21	56
	1M2	1	2	1	4
Total		23	15	22	60

### Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1,429 <sup>a</sup>	2	,489
Razón de verosimilitudes	1,249	2	,536
Asociación lineal por lineal	,002	1	,968
N de casos válidos	60		

a. 3 casillas (50,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 1,00.

### Medidas simétricas

	Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Medida de acuerdo Kappa	,041	,046	1,011	,312
N de casos válidos	60			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Con el p valor (0,48) obtenido después de realizar la prueba de chi-cuadrado como prueba de hipótesis, no podemos afirmar que exista concordancia entre el espectrofotómetro y el flash lateral con difusores.

## CONCORDANCIA ESPECTROFOTÓMETRO Y FILTRO POLARIZADOR.

**Tabla de contingencia Espectrofotómetro \* Polarizada**

Recuento

		polarizada			Total
		1M1	1M2	2M1	
espectrofotómetro	1M1	39	1	16	56
	1M2	1	1	2	4
Total		40	2	18	60

### Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	7,723 <sup>a</sup>	2	,021
Razón de verosimilitudes	4,709	2	,095
Asociación lineal por lineal	1,926	1	,165
N de casos válidos	60		

a. 4 casillas (66,7%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,13.

### Medidas simétricas

	Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Medida de acuerdo Kappa	,112	,074	2,398	,016
N de casos válidos	60			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Con el p valor (0,02) obtenido después de realizar la prueba de chi-cuadrado como prueba de hipótesis, podemos afirmar que existe concordancia entre el espectrofotómetro y el filtro polarizador. Si bien el valor del índice Kappa de Cohen establece una concordancia muy pobre (1,12).

## CONCORDANCIA ESPECTROFOTÓMETRO Y MONOCROMO.

**Tabla de contingencia**

Recuento

		monocromo			Total
		1M1	1M2	2M1	
espectrofotómetro	1M1	3	23	30	56
	1M2	1	1	2	4
Total		4	24	32	60

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	2,411 <sup>a</sup>	2	,300
Razón de verosimilitudes	1,616	2	,446
Asociación lineal por lineal	,518	1	,472
N de casos válidos	60		

a. 4 casillas (66,7%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,27.

**Medidas simétricas**

	Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Medida de acuerdo Kappa	-,024	,027	-1,157	,247
N de casos válidos	60			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Con el p valor (0,30) obtenido después de realizar la prueba de chi-cuadrado como prueba de hipótesis, no podemos afirmar que exista concordancia entre el espectrofotómetro y la fotografía en monocromo.

## CONCORDANCIA ESPECTROFOTÓMETRO Y FLASH LATERAL.

**Tabla de contingencia**

Recuento

		laterales			Total
		1M1	1M2	2M1	
espectrofotómetro	1M1	8	8	40	56
	1M2	0	0	4	4
Total		8	8	44	60

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1,558 <sup>a</sup>	2	,459
Razón de verosimilitudes	2,584	2	,275
Asociación lineal por lineal	1,331	1	,249
N de casos válidos	60		

a. 3 casillas (50,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es ,53.

**Medidas simétricas**

		Valor	Error típ. asint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Medida de acuerdo	Kappa	,000	,005	,000	1,000
N de casos válidos		60			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Con el p valor (0,45) obtenido después de realizar la prueba de chi-cuadrado como prueba de hipótesis, no podemos afirmar que exista concordancia entre el espectrofotómetro y el flash lateral.

## **5. DISCUSIÓN**

Para la realización de este trabajo se optó por seleccionar un incisivo central como diente de referencia por las características que presenta. No sólo es el diente dominante en la dentición si no que se trata del diente mas fácil de acceder para la toma de color con espectrofotómetro o para la toma de fotografías enfrentando las diferentes tablillas, además el uso de retractores labiales facilita mucho el trabajo. El incisivo central, además, presenta unas características que hacen que sea el diente mas idóneo para la toma de color con espectrofotómetro; una cara vestibular amplia y relativamente plana facilita la lectura del espectrofotómetro siendo mas difícil en dientes posteriores de difícil acceso y de caras vestibulares convexas.

Para la toma fotográfica, la guía de referencia fue la Vita 3D Master ya que presenta ciertas ventajas frente a la guía Vita Classical como es su distribución sistemática y matemática de las tablillas en el espacio cromático que ocupan los dientes naturales<sup>(3)</sup> con 4 unidades CIELab en la dimensión de luminosidad y dos unidades CIELab en las dimensiones de matiz y croma.

En la toma de color con espectrofotómetro el valor que se obtuvo mas veces fue el 1M1 correspondiente con la guía 3D Master con una frecuencia de aparición de 93,3% seguido de 1M2 (6,7%). Esta alta repetibilidad intramétodo con el espectrofotómetro coincide con los valores de repetibilidad obtenidos en los estudios de Llena y cols en 2014<sup>(16)</sup>. donde se obtienen unos valores de repetibilidad muy alta con los espectrofotómetros Easyshade (Vita zahnfabrik) y Spectroshade Micro (MHT), utilizado también en este estudio, tanto para la guía Vita Classical como para la guía 3D master. En otro estudio realizado por Witkoski y cols. en 2012<sup>(38)</sup> también se obtiene una alta repetibilidad intraoperador e interoperador con el espectrofotómetro concluyendo que no hay diferencias significativas intra e interoperador y entre las condiciones de iluminación. Esta sin duda es una de las ventajas del espectrofotómetro como método objetivo ya que las condiciones del operador o de iluminación no influyen en la toma de color.

Los valores obtenidos con el espectrofotómetro en este estudio representan una alta repetibilidad intramétodo. Dado que la toma de color la realizó un operador entrenado, es posible que la aparición de dos valores diferentes a 1M1 se deba a las características de la superficie del diente como la convexidad, espesor del esmalte y otras características como la translucidez y opalescencia.

Puesto que la toma de color con el espectrofotómetro es un método objetivo se estableció en este estudio como gold standard determinando el color de referencia como 1M1. Teniendo esto en cuenta, el método fotográfico que más valores obtuvo similares al espectrofotómetro fue el filtro polarizador (iPhone 5s, Smilecapture, Smilelite, Box de calibración, App Smile capture) donde el 66,7% de los valores obtenidos fue 1M1. Esto puede ser debido a la eliminación de cualquier reflejo producido por dispositivos de iluminación auxiliar sobre la superficie del esmalte lo que permite evaluar de forma más precisa el color del cuerpo de diente, aunque por el contrario queda una imagen más plana y se pierden los detalles de la textura superficial, tan importantes para lograr la integración de la restauración. En la actualidad no existen estudios de evaluación del color con filtros polarizadores si bien existen estudios donde se emplea la polarización cruzada para estudiar defectos del esmalte gracias a la eliminación de todos los reflejos superficiales producidos por los flashes utilizados en la fotografía digital<sup>(35)</sup>.

Los diferentes técnicas fotográficas con sus respectivos dispositivos de iluminación obtienen valores para 1M1 inferiores al filtro polarizador, siendo el flash anular y el flash lateral con difusores los que obtienen valores más altos, 39% y 38,3% respectivamente. El flash lateral sin difusores y la fotografía en monocromo obtienen valores muy inferiores, 13,3% y 6,7% respectivamente, obteniendo normalmente colores de menor valor. Esto posiblemente se deba a la influencia del tercio incisal translucido y a la posición de la tablilla en la fotografía. Es importante recordar que la fotografía en monocromo se realizó también con flash lateral. En estas fotografías en las que la tablilla se sitúa al lado del diente de referencia y la luz tiene una entrada lateral, puede tener lugar cierto efecto sombilla sobre el diente de referencia pareciendo un diente de menor valor. Esto sin



duda es una de las limitaciones de este estudio por lo que consideramos que para futuros estudios es necesario estandarizar la posición de la tablilla enfrentándola a la misma altura con respecto al diente de referencia en vez de situarla al lado.

Cuando estudiamos la sensibilidad, para conocer la probabilidad de determinar el valor correcto (1M1) sobre la fotografía tomada con las diferentes técnicas fotográficas obtenemos resultados similares a los obtenidos con las frecuencias, siendo el filtro polarizador la técnica mas sensible (68,4%), seguido del flash anular (45,6%), el flash lateral con difusores (38,6%), el flas lateral (14%) y monocromo (0%). Con esto, observamos que la técnica fotográfica más sensible y por lo tanto la que más probabilidad tiene de determinar correctamente el color es el filtro polarizador, si bien los valores de sensibilidad no son suficientemente buenos con ninguna de las técnicas.

Los bajos valores en la selección del color con las técnicas fotográficas indican que se trata de un método totalmente subjetivo no comparable con el espectrofotómetro en cuanto a repetibilidad. No podemos rechazar la hipótesis nula para la mayoría de técnicas fotográficas utilizadas, ya que no existe concordancia entre éstas y el espectrofotómetro. Sólo existe concordancia con el filtro polarizador, aunque se trata de una concordancia muy pobre. Al fin y al cabo no deja de tratarse de un método de determinación del color por análisis visual en el que influyen factores como experiencia, fatiga ocular y variables psicológicas del operador.

Considerando la determinación del color con fotografías, como hemos realizado en este estudio, un método de análisis visual, los resultados obtenidos están en concordancia con los valores obtenidos en los estudios realizados por Paul y cols. en 2002<sup>(39)</sup> y Alsaleh y cols en 2012<sup>(40)</sup> donde se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre la toma de color con espectrofotómetro y mediante el método convencional de análisis visual. Así mismo, los resultados obtenidos por Bahannan y cols<sup>(41)</sup> son similares a los obtenidos en este estudio con porcentajes de acierto del 36,6% con análisis visual y un

80,4% con espectrofotómetro. La diferencia entre los valores obtenidos con el espectrofotómetro con respecto a este estudio pueden deberse a la utilización de un espectrofotómetro diferente.

Todo esto sugiere una baja repetibilidad de la toma de color mediante análisis visual ya que no sólo se trata de un método subjetivo donde influyen diferentes variables intraoperador sino que además existe una gran dificultad en evaluar el color de la estructura dentaria por su naturaleza policromática y fenómenos ópticos. Por ello, existen estudios<sup>(13, 42-48)</sup> en los que trabajando sobre fotografía digital tratan de cuantificar el color de manera objetiva, normalmente en unidades CIElab, utilizando software de análisis de imagen. Estos procedimientos pueden ayudar a eliminar la subjetividad del análisis visual. En los estudios realizados por Cal y cols.<sup>(13)</sup>, Jarad y cols.<sup>(42)</sup> y Guan y cols.<sup>(45)</sup> encuentran concordancia entre los valores CIElab medidos con un espectrofotómetro y con un software de análisis de imagen con fotografías digitales y concluyen que las diferencias encontradas pueden deberse a la importancia de la luz reflejada en la imagen digital, fruto de flashes auxiliares, mientras que en el espectrofotómetro es especialmente importante la luz difusa. Esto podría eliminarse mediante el uso de filtros polarizadores en la toma fotográfica. Utilizando métodos similares, Sagel y cols.<sup>(44)</sup> encuentran una alta correlación en valores CIElab en fotos tomadas con dos días de diferencia tanto in vitro como in vivo. También Smith y cols.<sup>(46)</sup> encuentran buena concordancia intra e interoperador utilizando estos métodos. Además, Jarad y cols.<sup>(42)</sup> y Schorpp y cols.<sup>(48)</sup> comparan estos métodos con el análisis visual convencional obteniendo porcentajes de acierto mayores. Toda esta evidencia inspira que el análisis de fotografías digitales mediante software de análisis de imagen puede ser una buena herramienta en la cuantificación del color, si bien, en muchos de estos estudios la iluminación esta controlada y no utilizan los dispositivos de iluminación auxiliar comúnmente utilizados en fotografía dental (flash anular y flash lateral).

En este estudio además se incluían tres grupos diferentes: estudiantes, profesionales y ceramistas. El mayor porcentaje de acierto lo obtuvieron los profesionales mientras que los ceramistas y estudiantes obtuvieron resultados similares. Esto puede deberse a la costumbre del odontólogo de trabajar con fotografía digital, una herramienta indispensable en el gabinete dental. Della Bona y cols.<sup>(49)</sup> también obtienen resultados a favor de los profesionales con un porcentaje de acierto superior al de los estudiantes con la guía 3D master. Sin embargo, Alsaleh y cols.<sup>(40)</sup> obtienen resultados similares para odontólogos y estudiantes, si bien el grupo de estudiantes estaba formado por mujeres de entre 20 y 24 años, y cuando se valoraban los  $\Delta E$  globales, los resultados de los clínicos eran significativamente mejores acercándose al límite de la imperceptibilidad.

Cabe destacar que el mayor porcentaje de acierto lo obtuvo el grupo de ceramistas con las fotografías realizadas con el filtro polarizador lo que apunta que puede ser la técnica fotográfica ideal para mejorar la comunicación del color entre odontólogo y técnico. Sería interesante realizar futuras investigaciones con este filtro polarizador y los distintos dispositivos de iluminación utilizados en fotografía dental incorporando el análisis de fotografía digital utilizando un software de análisis de imagen.

## **6. CONCLUSIONES**

Con las limitaciones del presente estudio piloto, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. No existe concordancia entre las diferentes técnicas fotográficas y el espectrofotómetro (a excepción de las realizadas con filtro polarizador), lo que nos permite afirmar que se trata de métodos de determinación del color totalmente subjetivos en los que influyen muchos factores.
2. La mayor repetibilidad y sensibilidad dentro de las técnicas fotográficas se observó con luz polarizada, seguida de flash anular y flash lateral con difusores, por lo que parecen las técnicas de iluminación más adecuadas para la comunicación del color entre clínico y laboratorio.
3. A pesar de tratarse de métodos subjetivos, la fotografía digital puede ser de ayuda en la comunicación del color cuando no dispongamos de un espectrofotómetro. Puede ser especialmente interesante incorporar el filtro polarizador en los protocolos fotográficos habituales.
4. La mayor repetibilidad intragrupo para valores 1M1 la obtuvieron los profesionales mientras que ceramistas y estudiantes obtuvieron valores similares.
5. Es necesaria la realización de futuros estudios revisando la metodología, siendo interesante incorporar el análisis de fotografía digital utilizando un software de análisis de imagen.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

1. Chu SJ, Devigus A, Paravina RD, Mieleszko AJ. Fundamentals of Color: Shade Matching and Communication in Esthetic Dentistry: Quintessence Publishing Company 2010.
2. Malacara D, editor Color vision and colorimetry: theory and applications 2011: SPIE.
3. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. Journal Of Dentistry. 2004;32 Suppl 1:3-12.
4. Munsell AH. A Color Notation. Boston: G. H. Ellis Co.; 1905.
5. Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. The International Journal Of Periodontics & Restorative Dentistry. 2003;23(5):467-79.
6. Kina. S, Brugera. A. Invisible: Restauraciones estéticas cerámicas. Brasil: Panamericana; 2011.
7. Bazos P, Magne P. Bio-Emulation: biomimetically emulating nature utilizing a histoanatomic approach; visual synthesis. The international journal of esthetic dentistry. 2014;9(3):330-52.
8. Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. Journal Of Dentistry. 2008;36 Suppl 1:S2-S7.
9. Vanini L, Mangani FM. Determination and communication of color using the five color dimensions of teeth. Practical Procedures & Aesthetic Dentistry: PPAD. 2001;13(1):19-26.

10. Johnston WM. Color measurement in dentistry. Journal Of Dentistry. 2009;37 Suppl 1:e2-e6.
11. CIE. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms. Supplement No. 2. CIE Publication No. 15 (E-1.3.1), 1971 (TC-1.3). Paris Bureau de la CIE, 1978. P. 9-12.
12. Ahn JS, Lee YK. Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. The Journal of prosthetic dentistry. 2008;100(1):18-28.
13. Cal E, Güneri P, Kose T. Comparison of digital and spectrophotometric measurements of colour shade guides. Journal Of Oral Rehabilitation. 2006;33(3):221-8.
14. Yuan JC, Brewer JD, Monaco EA, Jr., Davis EL. Defining a natural tooth color space based on a 3-dimensional shade system. The Journal of prosthetic dentistry. 2007;98(2):110-9.
15. Compendio VITA. Determinacion del Color. Noviembre 2014.
16. Llena C, Lozano E, Amengual J, Forner L. Reliability of two color selection devices in matching and measuring tooth color. The Journal Of Contemporary Dental Practice. 2011;12(1):19-23.
17. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. Journal Of Dentistry. 2010;38 Suppl 2:e2-e16.



18. Ahmad I. Digital dental photography. Part 2: Purposes and uses. British dental journal. 2009;206(9):459-64.
19. Wander P, Ireland RS. Dental photography in record keeping and litigation. British dental journal. 2014;217(3):133-7.
20. Christensen GJ. Important clinical uses for digital photography. Journal of the American Dental Association (1939). 2005;136(1):77-9.
21. Weston JF, Haupt E. Creating aesthetic success through proper clinician and laboratory technical communication. Dental Clinics Of North America. 2011;55(2):371.
22. Ahmad I. Digital dental photography. Part 1: an overview. British dental journal. 2009;206(8):403-7.
23. Terry DA, Snow SR, McLaren EA. Contemporary dental photography: selection and application. Compendium Of Continuing Education In Dentistry (Jamesburg, NJ: 1995). 2008;29(8):432.
24. Ahmad I. Digital dental photography. Part 4: choosing a camera. British dental journal. 2009;206(11):575-81.
25. Ahmad I. Digital dental photography. Part 3: Principles of digital photography. British dental journal. 2009;206(10):517-23.
26. Kumar M MT, Patel J, Sathvara N. Mastering contemporary camera systems in dentistry. International Journal of Dental Clinics. 2014;6(3):14-9.

27. Ahmad I. Digital dental photography. Part 5: lighting. British dental journal. 2009;207(1):13-8.
28. <http://www.smileline-by-styleitaliano.com/sites/default/files/shop/produits/fiches/smilecaptureit1.pdf>.
29. [http://www.smileline-by-styleitaliano.com/sites/default/files/shop/produits/fiches/37093\\_brochure\\_smile\\_lite\\_espagnol\\_bd.pdf](http://www.smileline-by-styleitaliano.com/sites/default/files/shop/produits/fiches/37093_brochure_smile_lite_espagnol_bd.pdf).
30. Ahmad I. Digital dental photography. Part 6: camera settings. British dental journal. 2009;207(2):63-9.
31. Snow SR. Assessing and achieving accuracy in digital dental photography. Journal Of The California Dental Association. 2009;37(3):185-91.
32. Ahmad I. Digital dental photography. Part 8: intra-oral set-ups. British dental journal. 2009;207(4):151-7.
33. Ahmad I. Digital dental photography. Part 9: post-image capture processing. British dental journal. 2009;207(5):203-9.
34. Shagam J, Kleiman A. Technological updates in dental photography. Dental Clinics Of North America. 2011;55(3):627.
35. Robertson AJ, Toumba KJ. Cross-polarized photography in the study of enamel defects in dental paediatrics. The Journal Of Audiovisual Media In Medicine. 1999;22(2):63-70.

36. Benson PE, Ali Shah A, Robert Willmot D. Polarized versus nonpolarized digital images for the measurement of demineralization surrounding orthodontic brackets. *The Angle Orthodontist*. 2008;78(2):288-93.
37. <http://www.emulationusa.com/polar-eyes.php>.
38. Witkowski S, Yajima ND, Wolkewitz M, Strub JR. Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clinical oral investigations*. 2012;16(3):945-9.
39. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CHF. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *Journal Of Dental Research*. 2002;81(8):578-82.
40. Alsaleh S, Labban M, AlHariri M, Tashkandi E. Evaluation of self shade matching ability of dental students using visual and instrumental means. *J Dent*. 2012;40 Suppl 1:e82-7.
41. Bahannan SA. Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *J Dent*. 2014;42(1):48-52.
42. Jarad FD, Russell MD, Moss BW. The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *British dental journal*. 2005;199(1):43-9.
43. Tam WK, Lee HJ. Dental shade matching using a digital camera. *J Dent*. 2012;40 Suppl 2:e3-10.
44. Sagel PA, Gerlach RW. Application of digital imaging in tooth whitening randomized controlled trials. *American Journal Of Dentistry*. 2007;20 Spec No A:7A-14A.

45. Guan YH, Lath DL, Lilley TH, Willmot DR, Marlow I, Brook AH. The measurement of tooth whiteness by image analysis and spectrophotometry: a comparison. *Journal Of Oral Rehabilitation*. 2005;32(1):7-15.
46. Smith RN, Collins LZ, Naeeni M, Joiner A, Philpotts CJ, Hopkinson I, et al. The in vitro and in vivo validation of a mobile non-contact camera-based digital imaging system for tooth colour measurement. *Journal Of Dentistry*. 2008;36 Suppl 1:S15-S20.
47. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnston WM. Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials: Official Publication Of The Academy Of Dental Materials*. 2006;22(6):553-9.
48. Schropp L. Shade matching assisted by digital photography and computer software. *Journal Of Prosthodontics: Official Journal Of The American College Of Prosthodontists*. 2009;18(3):235-41.
49. Della Bona A, Barrett AA, Rosa V, Pinzetta C. Visual and instrumental agreement in dental shade selection: three distinct observer populations and shade matching protocols. *Dental Materials: Official Publication Of The Academy Of Dental Materials*. 2009;25(2):276-81.